

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日

2003 年 10 月 16 日 (16.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号

WO 03/085438 A1

(51) 国際特許分類: G02B 15/167, 15/20, 13/18

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/03864

(22) 国際出願日: 2003 年 3 月 27 日 (27.03.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2002-103594	2002 年 4 月 5 日 (05.04.2002)	JP
特願2002-131458	2002 年 5 月 7 日 (07.05.2002)	JP
特願2002-156209	2002 年 5 月 29 日 (29.05.2002)	JP
特願2003-14458	2003 年 1 月 23 日 (23.01.2003)	JP
PCT/JP03/01361	2003 年 2 月 10 日 (10.02.2003)	JP

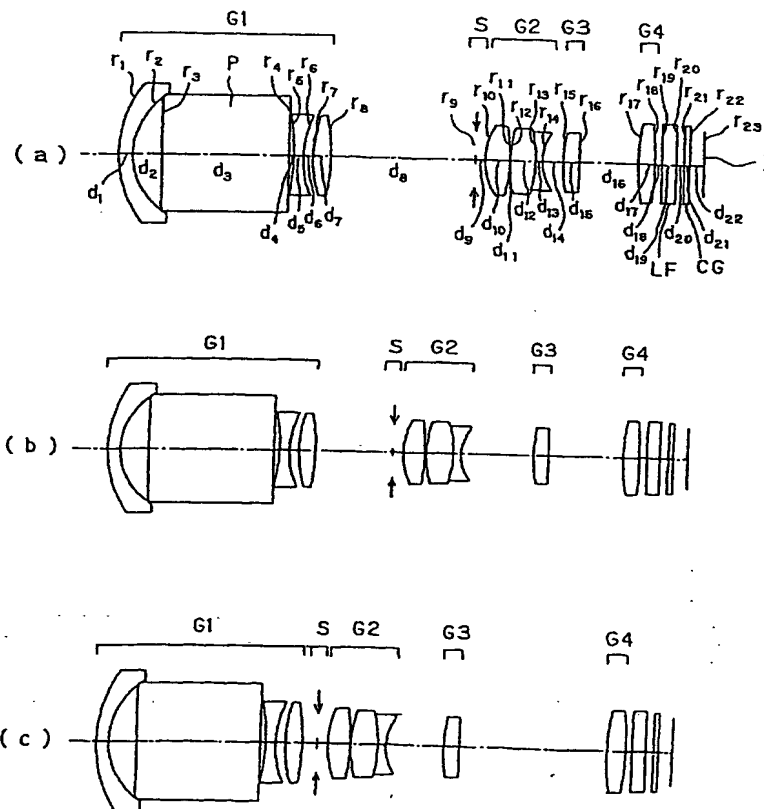
(71) 出願人: オリンパス光学工業株式会社 (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 三原 伸一 (MIHARA, Shinichi); 〒192-0023 東京都八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 小西 宏一 (KONISHI, Hirokazu); 〒192-0023 東京都八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 渡邊 正仁 (WATANABE, Masahito); 〒192-0023 東京都八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 石井 敦次郎 (ISHII, Atsujiro); 〒192-0023 東京都八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 武山 哲英 (TAKEYAMA, Tetsuhide); 〒192-0023 東京都八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光

[続葉有]

(54) Title: ZOOM LENS AND ELECTRONIC IMAGING APPARATUS USING IT

(54) 発明の名称: ズームレンズとそれを用いた電子撮像装置



(57) Abstract: A zoom lens which is so easily constructed as to bend an optical path and has a high zoom ratio, wide angle of view, small F value, very small aberration, high optical specification/performance, and which comprises a moving lens group B(G2) having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and a fixed lens group A (G1) disposed closer to the object side than the moving lens group B, having a negative refractive power and being fixed at power varying, wherein the moving lens group B comprises three lenses, a positive lens, a positive lens and a negative lens sequentially from the object side.

(57) 要約: 本発明は、光路を折り曲げる構成がとりやすく、高ズーム比、広画角、小さいF値、少ない収差等、高い光学仕様性能を有するズームレンズに関するものであり、正の屈折力を有し、広角端から遠望端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群B(G2)と、移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、変倍時に固定である変倍時固定レンズ群A (G1)とを有し、移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの3枚のレンズにて構成されているズームレンズである。

WO 03/085438 A1

BEST AVAILABLE COPY



学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 今村 文美 (IMAMURA, Ayami); 〒192-0023 東京都 八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 榛澤 豊治 (HANZAWA, Toyoharu); 〒192-0023 東京都 八王子市久保山町 2 丁目 3 番地 オリンパス光学工業株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 荻澤 弘 外 (NIRASAWA, Hiroshi et al.); 〒110-0005 東京都 台東区上野 3 丁目 1 6 番 3 号 上野鈴木ビル 7 階 特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

ズームレンズとそれを用いた電子撮像装置

技術分野

本発明は、ズームレンズとそれを用いた電子撮像装置に関し、特に、ズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置に関するものである。

背景技術

近年、銀塩3.5mmフィルム（135フォーマット）カメラに代わる次世代カメラとしてデジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリを有するようになってきている。

本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリに注目し、高画質を確保しながら奥行きが薄く使い勝手の良好なビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。

カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。

最近におけるカメラボディ薄型化技術の主流は、撮影時には光学系がカメラボディ内から突出しているが、携帯時には収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することである。沈胴式鏡筒を採用して効果的に薄型化できる可能性を有する光学系の例としては、特開平11-194274号公報、特開平11-287953号公報、特開2000-9997号公報等のものがある。これらは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群、正の屈折力を含む第2群を有しており、共に変

倍時には移動する。しかし、沈胴式鏡筒を採用するとレンズ収納状態から使用状態に立ち上げるための時間がかかり、使い勝手上好ましくない。また、最も物体側のレンズ群を可動とすると、防水・防塵上好ましくない。

発 明 の 開 示

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラとするために、光学系の光路（光軸）をミラー等の反射光学素子で折り曲げる構成がとりやすく、高ズーム比、広画角、小さいF値、少ない収差等、高い光学仕様性能を有するズームレンズとそれを用いた電子撮像装置を提供することである。

本発明の別の目的は、光学系の光路（光軸）をミラー等の反射光学素子で折り曲げたりアフォーカスのズームレンズを採用し、高い仕様、性能を維持しつつ変倍時の移動群の移動に関する制約条件を克服できる光学系のタイプを採用して、奥行き方向が極めて薄い電子撮像装置を提供することである。

上記目的を達成するための本発明の第1のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明の第2のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明の第3のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明の第4のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明の第5の電子撮像装置は、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

上記目的を達成するため、本発明による第6のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、前記変倍の際に前記第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、非球面を有する第4レンズ群とを有し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との2つのレンズ群が、合わせて1つ以上の接合レンズ成分を含む合計3つ以下のレンズ成分で構成され、次の条件式(41)を満足するこ

とを特徴とする。

$$1. \quad 0 < -\beta_{R1} < 2.6 \quad \dots(41)$$

ただし、 β_{R1} は第2レンズ群以降の無限遠物点合焦時の望遠端における合成倍率である。

また、本発明による第7のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、前記変倍の際に前記第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、非球面を有する第4レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズを有する前側副群と、前記光路を折り曲げるための反射光学素子と、負の屈折力を有する後側副群とで構成され、次の条件式(47)、(48)を満足することを特徴とする。

$$0.5 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 5.0 \quad \dots(47)$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 1.2 \quad \dots(48)$$

ただし、 R_{11F} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{11R} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 f_{11} は第1レンズ群の前側副群の焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の後側副群の焦点距離である。

また、本発明による第8の電子撮像装置は、本発明の第7のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを備えたことを特徴とする。

また、本発明による第9の電子撮像装置は、前記第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズを有する前側副群と、前記光路を折り曲げるための反射光学素子と、負の屈折力を有する後側副群とで構成され、次の条件式(43)、(44)を満足する本発明の第6のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを備えたことを特徴とする。

$$0 < L / R_{21c} < 1.4 \quad \dots(43)$$

$$1.5 < \nu_{21F} - \nu_{21R} \quad \dots(44)$$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 R_{21c} は第2レンズ群中

の接合面の光軸上における曲率半径、 R_{21P} は第2レンズ群中の接合面の物体側のレンズの媒質のd線基準でのアッペ数、 R_{21R} は第2レンズ群中の接合面の像側のレンズの媒質のd線基準でのアッペ数である。

また、本発明による第110の電子撮像装置は、前記前側副群が1枚の非球面を有する負レンズで構成され、前記後側副群が屈折力の符号が異なる2つのレンズ成分で構成され、次の条件式(49)を満足する本第2又は第4の発明のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを備えたことを特徴とする。

$$0.4 < (R_{12R} / R_{13P})^P < 1.6 \quad (49)$$

ただし、 R_{12R} は第1レンズ群の後側副群の2つのレンズ成分間に形成される空気レンズの物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{13P} は第1レンズ群の後側副群の2つのレンズ成分間に形成される空気レンズの像側面の光軸上での曲率半径であり、Pは2つのレンズ成分の物体側からの順番が、負レンズ成分、正レンズ成分の順で配される場合は $P=1$ とし、正レンズ成分、負レンズ成分の順で配される場合は $P=-1$ とする。

また、前記の第1、第2、第3、第4のズームレンズの変倍次固定レンズ群Aを、正の屈折力の固定レンズ群としてもよいし、屈折力の弱い固定レンズ群としてもよい。つまり、

本発明による第11のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明による第12のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの3

枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明による第13のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

本発明による第14のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするものである。

以下に、まず、本発明の第1～第4のズームレンズ、第11～第14のズームレンズにおいて上記構成をとる理由と作用について説明する。

本発明のズームレンズは、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有する構成を採用している。

そして、本発明の第1～第4のズームレンズでは、変倍時固定レンズ群Aが負の屈折力を有する構成を採用している。

中でも、以下の構成上の特徴を有する光学系を採用することで、第1レンズ群を固定とした場合でも高い光学仕様性能を確保している。

a. レンズ群Bが、物体側から順に、2枚の正レンズと1枚の負レンズにて構

成されているもの。

b. レンズ群Bが、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズにて構成されているもの。

c. レンズ群Bの像側に隣接するレンズ群Cを有し、レンズ群Bが正レンズ1枚と負レンズ1枚、レンズ群Cが、物体側から順に、2枚の正レンズと1枚の負レンズにて構成されているもの。

d. レンズ群Bの像側に隣接するレンズ群Cを有し、レンズ群Bが正レンズ1枚と負レンズ1枚、レンズ群Cが、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズにて構成されているもの。

である。

移動レンズ群Bと変倍時固定レンズ群Aとの間に、他のレンズ群が配されていても構わない。全長短縮を行うためには、移動レンズ群Bと変倍時固定レンズ群Aとが可変の空気間隔を挟んで構成されることがより好ましい。また、変倍時固定レンズ群Aが、ズームレンズ中の最も物体側に位置する構成とすることで、ズームレンズの入射面の肥大化を抑えることができ、より好ましい。

なお、以上の各ズームレンズにおいては、レンズ群A、Bについて以下の条件(1)～(3)を満足するとよい。

$$(1) \quad 0.9 < -f_A / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 2.0$$

$$(2) \quad 1.0 < f_B / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 3.0$$

$$(3) \quad 0.9 < \log \gamma_B / \log \gamma < 1.0$$

ただし、 f_A 、 f_B はそれぞれレンズ群A、Bの焦点距離、 f_w 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離、 γ 、 γ_B はそれぞれ

$$\gamma = f_T / f_w$$

$$\gamma_B = \text{望遠端におけるレンズ群Bの倍率} / \text{広角端におけるレンズ群Bの倍率}$$

とする。

条件(1)は、レンズ群Aの適切な焦点距離の範囲を示したものである。その上限値の2.0を越えると、十分な変倍比を確保することが困難になり、下限値の0.9を越えると、歪曲収差等の軸外収差補正が困難になる。

条件(2)は、レンズ群Bの適切な焦点距離の範囲を示したものである。その上限値の3.0を越えると、光学系全長が長くなり、下限値の1.0を越えると、球面収差やコマ収差の補正が困難になる。

条件(3)は、広角端から望遠端に変倍する際のレンズ群Bの変倍比について規定したものである。その上限値の1.0を越えると、変倍時のレンズ群Bの移動量が増大し、下限値の0.9を越えると、レンズ群B以外の変倍作用のある群に負担がかかり、全体としてレンズ構成枚数増加につながる。

なお、条件(1)～(3)の何れか1つ以上あるいは全てを以下のようにするとよりよい。

$$(1)' \quad 1.0 < -f_A / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 1.8$$

$$(2)' \quad 1.2 < f_B / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.7$$

$$(3)' \quad 1.0 < \log \gamma_B / \log \gamma < 9$$

さらに、条件(1)～(3)の何れか1つ以上を以下のようにするとさらによりよい。特に全てを以下のようにすると最もよい。

$$(1)'' \quad 1.1 < -f_A / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 1.6$$

$$(2)'' \quad 1.4 < f_B / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.4$$

$$(3)'' \quad 1.1 < \log \gamma_B / \log \gamma < 8$$

上記のa～dそれぞれについて、さらにその中でも以下のように構成したものが好ましい。

a. レンズ群Bの負レンズをその物体側に隣接する正レンズと接合し、2成分3枚としたもの。

b. レンズ群Bの負レンズをそれに隣接する何れかの正レンズと接合し、2成分3枚としたもの。

c. レンズ群Cの負レンズをその物体側に隣接する正レンズと接合し、2成分3枚としたもの。

d. レンズ群Cの負レンズをそれに隣接する何れかの正レンズと接合し、2成分3枚としたもの。

これらの接合により、その接合を含むレンズ群を構成するレンズエレメント同

士の相対偏心敏感度を緩和することができる。さらに、上記ズームレンズaのレンズ群Bについて、以下の条件(4) (収差補正と偏心敏感度緩和に関する条件)を満たすとよい。

$$(4) \quad 0.25 < R_{22R} / R_{22F} < 0.95$$

ただし、 R_{22F} 、 R_{22R} はそれぞれレンズ群Bの像側レンズ成分の最も物体側の面、最も像側の面の光軸上曲率半径である。

条件(4)の上限の0.95を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利だが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。下限の0.25を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(4) \quad 0.30 < R_{22R} / R_{22F} < 0.90$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(4) \quad 0.33 < R_{22R} / R_{22F} < 0.85$$

さらには、色収差補正に関する条件(5)、(6)を満たすとよい。

$$(5) \quad -1.0 < L / R_{22c} < 0.8$$

$$(6) \quad 1.4 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

ただし、 R_{22c} はレンズ群Bの像側レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径、 L は使用する電子撮像素子の有効撮像領域の対角長 (mm) である。なお、電子撮像素子については、広角端画角が 5.5° 以上を含むように使用することが前提である。 ν_{22F} 、 ν_{22R} はそれぞれレンズ群Bの像側レンズ成分の正レンズ、負レンズの媒質のd線基準でのアッペ数である。

条件(5)の下限の-1.0を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利だが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に、基準波長における球面収差が良好に補正できても、短波長の球面収差はオーバーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。上限の0.8を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正不足や、短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。

条件(6)の下限値の1.4を越えると、軸上色収差が補正不足になりやすく、
一方、条件(6)にあえて上限を付けるとすれば、7.0を越えないこととすると、
、材料を低価格に構成できて好ましい。

なお、条件(5)、(6)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。
い。

$$(5)' \quad -0.8 < L/R_{22c} < 0.6$$

$$(6)' \quad 1.8 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

さらに、条件(5)、(6)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらに好ましく
により。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(5)'' \quad -0.6 < L/R_{22c} < 0.4$$

$$(6)'' \quad 2.2 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

なお、レンズ群Bの像側のレンズ成分が接合レンズ成分であるため、物体側レ
ンズ成分は単レンズで十分である。

さらに、以下の条件(7)、(8)のようにするとよい。この条件(7)、(8)
8)を条件(4)の補助的な条件として加えてもよい。

$$(7) \quad -1.6 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 1.2$$

$$(8) \quad -1.2 < L/f_{2R} < 0.1$$

ただし、 R_{21F} 、 R_{21R} はそれぞれ移動レンズ群Bの物体側レンズ成分における
最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の
対角長、 f_{2R} は移動レンズ群Bの像側レンズ成分の焦点距離である。

収差補正の面では、レンズ群Aが負の屈折力を有することでレンズ群Bに発散
光束が入射する関係上、物体側正レンズ成分の光軸近傍での形状ファクター条件

(7)は、上限の1.2、下限の-1.6のどちらを越えた場合でも、レンズ群
Bの物体側に複数の非球面を導入しても球面収差が補正困難になる。

条件(8)の下限値の-1.2を越えると、射出瞳位置が像面に接近しシェー
ディングを引き起こしやすく、また、レンズ群B内の2つの成分間の偏心敏感度
が大きくなりやすい。上限値の0.1を越えると、小型で高いズーム比を確保し
難い。

なお、条件(7)、(8)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(7)' \quad -1.2 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 0.18$$

$$(8)' \quad -1.0 < L / f_{2R} < 0.10$$

さらに、条件(7)、(8)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(7)'' \quad -0.8 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 0.15$$

$$(8)'' \quad -0.9 < L / f_{2R} < -0.1$$

あるいは、ズームレンズaの別の解として、条件(4)に相当する部分を以下の条件(9)のようにしてもよい。この場合は、以下に述べるように、先の条件

(5)、(6)、(7)、(8)に代わって、条件(10)、(11)、(12)、(13)を満たすのがよい。

$$(9) \quad 0.6 < R_{21R} / R_{21F} < 1.0$$

ただし、ただし、 R_{21F} 、 R_{21R} はそれぞれ移動レンズ群Bの物体側レンズ成分の物体側の面、像側の面の光軸近傍の曲率半径である。

条件(9)の上限の1.0を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利だが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。下限の0.6を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(9)' \quad 0.65 < R_{21R} / R_{21F} < 0.9$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(9)'' \quad 0.7 < R_{21R} / R_{21F} < 0.8$$

さらには、色収差補正に関する条件(10)、(11)を満たすとよい。

$$(10) \quad -1.6 < L / R_{22c} < -0.4$$

$$(11) \quad 2.0 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

ただし、 R_{22c} はレンズ群Bの像側レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径、 ν は分散係数、 L は使用する電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。なお、電子撮像

素子については、広角端面角が 5.5° 以上を含むように使用することが前提である。 ν_{22F} 、 ν_{22R} はそれぞれレンズ群Bの像側レンズ成分の正レンズ、負レンズの媒質のd線基準でのアッペ数である。

条件(10)の下限の -1.6 を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利だが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に、基準波長における球面収差が良好に補正できて、短波長の球面収差はオーバーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。上限の -0.4 を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正不足や、短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。

条件(11)の下限値の 2.0 を越えると、軸上色収差が補正不足になりやすく、一方、条件(11)にあえて上限を付けるとすれば、 7.0 を越えないこととすると、材料を低価格に構成できて好ましい。

なお、条件(10)、(11)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよい。

$$(10)' \quad -1.4 < L/R_{22c} < -0.6$$

$$(11)' \quad 2.5 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

さらに、条件(10)、(11)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(10)'' \quad -1.2 < L/R_{22c} < -0.8$$

$$(11)'' \quad 3.0 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

条件(9)を満たすズームレンズaでは、条件(7)、(8)の代わりに、条件(12)、(13)を満たすのがよい。また、条件(9)に補助的な条件として加えてもよい。

$$(12) \quad -1.5 < (R_{22F} + R_{22R}) / (R_{22F} - R_{22R}) < 0.2$$

$$(13) \quad 0.05 < L/f_{2R} < 0.5$$

ただし、 R_{22F} 、 R_{22R} はそれぞれレンズ群Bの像側レンズ成分の最も物体側の面、最も像側の面の光軸上曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_{2R} は移動レンズ群Bの像側レンズ成分の焦点距離である。

条件(12)はレンズ群Bの像側レンズ成分の形状ファクターに関する規定である。その下限の -1.2 を越えると、レンズ群Bの2つのレンズ成分の空気間隔を薄くしやすいが、コマ収差・非点収差の補正が困難になる。上限値の -0.2 を越えると、2つのレンズ成分の機械的干渉が起きやすく、それを防ぐために両者の間隔を大きくすることになり好ましくない。

条件(13)の下限値の 0.05 を越えると、射出瞳位置が像面に接近シェーディングを引き起こしやすく、また、レンズ群B内の2つの成分間の偏心敏感度が大きくなりやすい。上限値の 0.5 を越えると、小型で高いズーム比を確保しにくい。

なお、条件(12)と(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(12)' \quad -1.2 < (R_{22F} + R_{22R}) / (R_{22F} - R_{22R}) < -0.2$$

$$(13)' \quad 0.1 < L / f_{2R} < 0.4$$

さらに、条件(12)と(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(12)'' \quad -1.0 < (R_{22F} + R_{22R}) / (R_{22F} - R_{22R}) < -0.6$$

$$(13)'' \quad 0.15 < L / f_{2R} < 0.3$$

以上、ズームレンズaの場合についての説明であったが、ズームレンズcの場合は、上記レンズ群Bについての記述をレンズ群Cに置き換えることで実現できる。

すなわち、条件式(4)の代わりに次の条件式(4C)が設定される。

$$(4C) \quad 0.25 < R_{32R} / R_{32F} < 0.75$$

ただし、 R_{32F} 、 R_{32R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の最物体側面、最像側面の光軸上曲率半径である。

その下位の条件(4)'、(4)''についても同様である。

また、条件式(5)、(6)の代わりにそれぞれ次の条件式(5C)、(6C)が設定される。

$$(5C) \quad -1.0 < L / R_{32c} < 0.6$$

$$(6C) \quad -1.4 < \nu_{32F} - \nu_{32R} < 0$$

ただし、 R_{32c} は第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径、 L は使用する電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 ν_{32F} 、 ν_{32R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の正レンズ、負レンズの媒質の d 線基準でのアッペ数である。

これらの下位の条件(5)'、(5)"、(6)'、(6)"についても同様である。

また、条件式(7)、(8)の代わりにそれぞれ次の条件式(7C)、(8C)が設定される。

$$(7C) \quad -1.6 < (R_{31F} + R_{31R}) / (R_{31F} - R_{31R}) < 0.4$$

$$(8C) \quad -1.2 < L / f_{3R} < -0.1$$

ただし、 R_{31F} 、 R_{31R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの物体側レンズ成分における最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_{3R} は第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の焦点距離である。

これらの下位の条件(7)'、(7)"、(8)'、(8)"についても同様である。

また、条件式(9)の代わりに次の条件式(9C)が設定される。

$$(9C) \quad 0.6 < R_{31R} / R_{31F} < 1.0$$

ただし、 R_{31F} 、 R_{31R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの物体側レンズ成分の最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径である。

その下位の条件(9)'、(9)"についても同様である。

また、条件式(10)、(11)の代わりにそれぞれ次の条件式(10C)、(11C)が設定される。

$$(10C) \quad -1.6 < L / R_{32c} < -0.4$$

$$(11C) \quad 2.0 < \nu_{32F} - \nu_{32R} < 3.0$$

ただし、 R_{32c} は第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径、 L は使用する電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 ν_{32F} 、 ν_{32R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の正レンズ、負レンズの媒質の d

線基準でのアッペ数である。

これらの下位の条件 (10)'、(10)"、(11)'、(11)" について、(10) 及び (11) も同様である。

また、条件式 (12)、(13) の代わりにそれぞれ次の条件式 (12C)、(13C) が設定される。

$$(12C) \quad -1.5 < (R_{32F} + R_{32R}) / (R_{32F} - R_{32R}) < 0.2$$

$$(13C) \quad 0.5 < L / f_{3R} < 0.55$$

ただし、 R_{32F} 、 R_{32R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の最物体側面、最像側面の光軸上曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_{3R} は第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の焦点距離である。

これらの下位の条件 (12)'、(12)"、(13)'、(13)" について、(12) 及び (13) も同様である。

次に、ズームレンズbのレンズ群Bは以下の条件 (14) から (19) を満たすとよい。

$$(14) \quad 0.6 < R_{21R} / R_{21F} < 1.2$$

ただし、 R_{21F} 、 R_{21R} はそれぞれ移動レンズ群Bの物体側レンズ成分における最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径である。

条件 (14) の上限の1.2を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利だが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。下限の0.6を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(14)' \quad 0.7 < R_{21R} / R_{21F} < 1.1$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(14)'' \quad 0.8 < R_{21R} / R_{21F} < 1.0$$

さらには、色収差補正に関する条件 (15)、(16) を満たすとよい。

$$(15) \quad 0.3 < L / R_{21C} < 1.6$$

$$(16) \quad 1.0 < \nu_{21F} - \nu_{21R}$$

ただし、 R_{21c} は移動レンズ群Bの物体側レンズ成分における接合面の光軸上の曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 ν_{21F} 、 ν_{21R} はそれぞれ移動レンズ群Bの物体側レンズ成分における正レンズ、負レンズの媒質のd線基準でのアッペ数である。なお、電子撮像素子については、広角端画角が 5.5° 以上を含むように使用することが前提である。

条件(15)の下限の0.3を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利だが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に、基準波長における球面収差が良好に補正できて、短波長の球面収差はオーバーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。上限の1.56を越えると、軸上色収差・倍率色収差の補正不足や、短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。

条件(16)の下限値の1.0を越えると、軸上色収差が補正不足になりやすく、一方、条件(16)にあえて上限を付けるとすれば、7.0を越えないこととすると、材料を低価格に構成できて好ましい。

なお、条件(15)、(16)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(15)' \quad 0.35 < L/R_{21c} < 1.5$$

$$(16)' \quad 1.5 < \nu_{21F} - \nu_{21R}$$

さらに、条件(15)、(16)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(15)'' \quad 0.4 < L/R_{21c} < 1.4$$

$$(16)'' \quad 2.0 < \nu_{21F} - \nu_{21R}$$

条件(14)を満たすズームレンズbでは、条件(17)、(18)を条件(14)に補助的な条件として加えてもよい。

$$(17) \quad -5.0 < (R_{22F} + R_{22R}) / (R_{22F} - R_{22R}) < 0.7$$

$$(18) \quad 0.1 < L/f_{2R} < 1.0$$

ただし、 R_{22F} 、 R_{22R} はそれぞれ移動レンズ群Bの像側レンズ成分における最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対

角長、 f_{2R} は移動レンズ群Bの像側レンズ成分の焦点距離である。

条件(17)はレンズ群Bの像側レンズ成分の形状ファクターに関する規定である。その下限の-5.0を越えると、レンズ群Bの2つのレンズ成分の空気間隔を薄くしやすいが、コマ収差・非点収差の補正が困難になる。上限値の0.7を越えると、2つのレンズ成分の機械的干渉が起きやすく、それを防ぐために両者の間隔を大きくすることになり好ましくない。

条件(18)の下限値の0.1を越えると、射出瞳位置が像面に接近し、シェーディングを引き起こしやすく、また、レンズ群B内の2つの成分間の偏心敏感度が大きくなりやすい。上限値の1.0を越えると、小型で高いズーム比を確保し難い。

なお、条件(17)、(18)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(17) \quad -3.5 < (R_{22F} + R_{22R}) / (R_{22F} - R_{22R}) < 0.5$$

$$(18) \quad 0.2 < L / f_{2R} < 0.8$$

さらに、条件(17)、(18)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(17)'' \quad -0.7 < (R_{22F} + R_{22R}) / (R_{22F} - R_{22R}) < 0.3$$

$$(18)'' \quad 0.25 < L / f_{2R} < 0.6$$

以上、ズームレンズbの場合についての説明であったが、ズームレンズdの場合は、上記レンズ群Bについての記述をレンズ群Cに置き換えることで実現できる。

すなわち、条件式(14)の代わりに次の条件式(14C)が設定される。

$$(14C) \quad 0.6 < R_{31R} / R_{31F} < 1.2$$

ただし、 R_{31F} 、 R_{31R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの物体側レンズ成分における最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径である。

その下位の条件(14)'、(14)''についても同様である。

また、条件式(15)、(16)の代わりにそれぞれ次の条件式(15C)、(16C)が設定される。

$$(15C) \quad 0.3 < L/R_{31c} < 1.6$$

$$(16C) \quad 1.0 < \nu_{31F} - \nu_{31R}$$

ただし、 R_{31c} は第3のレンズ群Cの物体側レンズ成分における接合面の光軸上の曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 ν_{31F} 、 ν_{31R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの物体側レンズ成分における正レンズ、負レンズの媒質のd線基準でのアッペ数である。

これらの下位の条件(15)'、(15)"、(16)'、(16)"につても同様である。

また、条件式(17)、(18)の代わりにそれぞれ次の条件式(17C)、(18C)が設定される。

$$(17C) \quad 5.0 < (R_{32F} + R_{32R}) / (R_{32F} - R_{32R}) < 0.7$$

$$(18C) \quad 0.1 < L/f_{3R} < 1.0$$

ただし、 R_{32F} 、 R_{32R} はそれぞれ第3のレンズ群Cの像側レンズ成分における最物体側面、最像側面の光軸上の曲率半径、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_{3R} は第3のレンズ群Cの像側レンズ成分の焦点距離である。

これらの下位の条件(17)'、(17)"、(18)'、(18)"につても同様である。

なお、ズームレンズaとbについても、変倍機能と焦点位置補正機能の両方を有するために、レンズ群Bの像側に少なくとも1つの可動群を有するほうがよい。そして、それはレンズ群Bに隣接するレンズ群Cであることが望ましい。一方、撮像装置そのものを薄くするには、ズームレンズの機構を極力単純化するのがよい。つまり、変倍時、合焦時における可動な群は全体で2つの群のみとするのがよい。

以下に述べる条件については、ズームレンズaからdまでの全てに共通である。

フォーカスについては、レンズ群Bよりも後の群、特にレンズ群Cを有する場合、合は、それで行うのがよい。さらに、望遠端における無限遠物点合焦時のレンズ群Bからレンズ群Cの光軸上空気間隔 D_{FR} は以下の条件式を満足するのがよい。

$$(19) \quad 0.1 < D_{FT}/f_T < 1.0$$

ただし、 f_T は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

条件 (19) の上限の 1.0 を越えると、ズーム比の確保が困難となり、下限値の 0.1 を越えると、フォーカス可能距離レンジを十分にとることができない。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(19)' \quad 0.2 < D_{FT}/f_T \leq 0.8$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(19)'' \quad 0.3 < D_{FT}/f_T < 0.6$$

ところで、第 3 のレンズ群 C はレンズ群 B のパワー的負担を軽くし収差補正を容易にする意味でも、正の屈折力とした方がよい。その場合は、より近距離物体へのフォーカス時の繰り出し方向は物体側となる。

$$(20) \quad -0.4 < L/f_C < 0.8$$

ただし、 f_C は第 3 のレンズ群 C の焦点距離、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

条件 (20) の下限の -0.4 を越えると、フォーカス時の繰り出し量が多くなりすぎレンズ群 B と干渉しやすく、またフォーカス時の収差変動も大きくなりやすい。上限値の 0.8 を越えると、レンズ群 B のパワーを弱くするため、その変倍時の移動量が増大するか、変倍比が低下しやすい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(20)' \quad -0.3 < L/f_C < 0.6$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(20)'' \quad -0.2 < L/f_C < 0.4$$

また、広角端から望遠端に変倍する際は、レンズ群 B とレンズ群 C が相対的間隔を変えながら移動するようなズーム形式にするとよい。この方式は、スペースを効率良く使って変倍による焦点位置補正を行いながら、高い変倍率を稼ぐことができる。その場合、無限遠合焦時に広角端から望遠端に変倍する際のレンズ群

B、レンズ群Cのそれぞれの移動量 M_2 、 M_3 の比を以下の条件(21)のよう
にするとよい。

$$(21) \quad 0.0 < M_3 / M_2 < 1.6$$

ただし、 M_2 、 M_3 は移動レンズ群B、第3のレンズ群Cのそれぞれの無限遠物
点合焦時における広角端に対する望遠端での移動量であり、像側への移動を正と
する。

条件(21)の上限値の1.6を越えると、ズーム比やフォーカス可能距離レ
ンジを十分にとることができない。下限値の0.0を越えると、こちらもズーム
比の確保が困難である。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(21)' \quad 0.2 < M_3 / M_2 < 1.4$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(21)'' \quad 0.4 < M_3 / M_2 < 1.2$$

なお、収差補正や射出側テレセントリック性を良くする目的で、レンズ群Cよ
りも像側にレンズ群Dを配するのがよい。さらに、以下の条件(22)を満足す
るとよい。

$$(22) \quad 0.0 < L / f_D < 0.7$$

ただし、 f_D は第4のレンズ群Dの焦点距離、 L は電子撮像素子の有効撮像領域
の対角長である。

条件(22)の下限値の0.0を越えると、広角端での射出瞳位置が像面に近
づきやすく、また、上限値の0.7を越えると、変倍時の射出瞳位置の変動量が
大きくなりすぎ、いずれもシェーディングの原因となりやすい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(22)' \quad 0.1 < L / f_D < 0.5$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(22)'' \quad 0.2 < L / f_D < 0.35$$

また、レンズ群A、レンズ群Bにて補正し切れない収差を、レンズ群Dに非球
面を導入して補正すると効果的である。特に、歪曲収差・非点収差・コマ収差等

の軸外収差の補正には大変効果がある。このレンズ群Dによりそれより物体側に発生する収差を相当量キャンセルしている訳であるから、フォーカス等によって動かすと収差のバランスを崩してしまう。したがって、レンズ群Dはフォーカス時には固定である方が望ましい。

レンズ入射面を物体側に向けなおかつ奥行きを薄くするには、光路折り曲げを撮影光学系の出来るだけ物体側の位置で、しかも、光線高が低い部位で実施するのが好ましい。また、沈胴式鏡枠の廃止や防水といった観点から、移動群は折り曲げ位置よりも像側とするのがよい。

折り曲げスペースを極力小さくするためには、折り曲げ部近傍での結像に寄与する全ての光線高が低いのがよいことを考えると、折り曲げ部の存在する最も物体側のレンズ群から変倍時に可動な群の直前までの部分系の合成焦点距離が負であることが望ましい。

したがって、奥行き方向を薄くするために光路を折り曲げることは、本発明のように、負の屈折力を有する最も物体側に位置するレンズ群Aが固定であるズームレンズが実施しやすい。特に、レンズ群A内に反射光学素子を挿入して光路を折り曲げるのがよい。その場合、レンズ群Aは、物体側に凸面を有する負メニスカスレンズを有する副群A1、光路を折り曲げるための反射光学素子、少なくとも最も正レンズを含む副群A2にて構成するのがよい。

この場合、何れのタイプでも第1レンズ群副群A1の最も像側の面頂から副群A2の最も物体側の面頂までの光軸上に沿って測ったときの空気換算長 d 、すなわち、変倍時固定のレンズ群Aにおける反射光学素子の反射面の直前の屈折力を持つ屈折面から反射面の直後の屈折力を持つ屈折面までの空気換算長 d を以下のようにするのがよい。

$$(23) \quad 0.8 < d/L < 2.0$$

この条件(23)の上限値の2.0を越えると、プリズムを含めた物体側の光学素子が大型化しやすく、収差補正上も不利であるし、レンズ群B以降の群の合成倍率が低くなりレンズ群Bの移動量が增大するか、高いズーム比を確保することが困難となる。下限値の0.8を越えると、画像周辺部の結像に寄与する光束

が満足に像面に達しないし、あるいはゴーストが発生しやすい。

なお、光路を折り曲げる方向の画角が $2.5^{\circ} \pm 3^{\circ}$ の場合、約 $1.9^{\circ} \pm 3^{\circ}$ の場合、それぞれ以下の範囲がよい。

$$(23-1) \quad 0.9 < d/L < 1.7$$

$$(23-2) \quad 1.1 < 0 < d/L < 1.8$$

さらに、条件(23-1)と(23-2)はそれぞれ以下のようにすると最もよい。

$$(23-1)' \quad 1.0 < d/L < 1.5$$

$$(23-2)' \quad 1.2 < d/L < 1.7$$

反射光学素子は屈折力の高い媒質のプリズムにて構成するのが、プリズムを含めた物体側の光学素子の小型化や収差補正上有利である。

$$(24) \quad 1.5 < n_{pr1}$$

ただし、 n_{pr1} はプリズムのd線に対する媒質の屈折率である。

条件(24)の下限値の1.5を越えると、プリズムを含めた物体側の光学素子が大型化しやすく、収差補正上も不利であるし、レンズ群B以降の群の合成倍率が低くなりレンズ群Bの移動量が増大するか、高いズーム比を確保することが困難となる。上限値を定める場合、屈折率が1.90を越えないことが望ましい。こも上限値を越えると、全反射によるゴーストが発生しやすくなる。さらには、その上限値を1.87、さらには1.84とすることがより好ましい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(24)'' \quad 1.6 < n_{pr1}$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(24)''' \quad 1.7 < n_{pr1}$$

なお、レンズ群Aの副群A2は、色収差や歪曲収差等の軸外収差を補正するために、物体側から順に、負レンズ、正レンズの2枚にて構成し、以下の条件を満足するとよい。

$$(25) \quad -0.5 < L/f_{12} < 0$$

ただし、Lは電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_{12} は変倍時固定レンズ群

Aの像側副群A 2の焦点距離である。

条件(25)の上限の0を越えると、レンズ群B以降の群の合成倍率が低くなり、レンズ群Bの移動量が增大するか高いズーム比を確保することが困難となり、下限の-0.5を越えると、プリズムを含めた物体側の光学素子が大型化しやすく収差補正上も不利である。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(25)' \quad -0.4 < L/f_{12} < -0.05$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(25)'' \quad -0.3 < L/f_{12} < -0.1$$

なお、何れのタイプも、近軸的屈折力配置を適切にするために反射面を平面以外で構成してもよい。また、反射面の形状を自由に変えることのできる制御系を設け、それでもって変倍の際に発生する焦点位置や収差の変動を補正したり、フォーカスをしたり、変倍をするために形状制御可能な形状可変ミラーにするのがより好ましい。これとは別に、反射光学素子としてプリズム平面部に平凹レンズ面を接合したり、プリズムの有効光線通過あるいは反射面を曲面で構成してもよい。歪曲補正のレベルと電子撮像装置の目標サイズとのバランスの関係から、最も物体側にパワーの弱い正レンズを付加してもよい。その場合は、レンズ群Aの副群A 2はなくてもよい。また、レンズ群Aの副群A 1は変倍時固定とするが、副群A 2は移動することが比較的容易なため可動としてもよい。その場合、変倍時に像側に凸の軌跡を描きつつ移動するのがよい。

なお、反射光学素子は、必ずしも固定レンズ群Aにおける複数のレンズの間にも配されていなくてもよく、反射光学素子が固定レンズ群Aの最も物体側や最も像側に配されてなるものであって構わない。

以下の構成上の限定の何れかを加えると、より一層高い仕様性能、簡素な構成の折り曲げズームレンズを得ることができ、撮像装置のさらなる薄型化に寄与する。

○レンズ群Aの副群A 1物体側に凸の負レンズ1枚のみとする。
この配置が画角を維持しながら光学系の奥行きを最も薄くできる構成である。

○その場合、その負レンズのパワーがある程度ないと意味がないので、レンズ群Aの副群A1とA2のパワー比を、

$$(26) \quad 0 < f_{11}/f_{12} < 1.6$$

とする。ただし、 f_{11} 、 f_{12} はそれぞれレンズ群Aの副群A1、A2の焦点距離である。

条件(26)の上限の1.6、下限の0の何れかを越えても折り曲げ光学素子が大型化しやすい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(26)' \quad 0.1 < f_{11}/f_{12} < 1.5$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(26)'' \quad 0.2 < f_{11}/f_{12} < 1.4$$

構成枚数を削減してコストダウンを図る場合は、レンズ群B又はレンズ群Cの何れか一方を単レンズとし、もう一方には少なくとも負レンズを含むような構成としてもよい。本発明のレンズ群Bとレンズ群Cは変倍時に相対的間隔をわずかに変えながら概ね同一方向に移動するために移動スペースを共用でき、少ないスペースで焦点位置を一定に保ちつつ変倍することができるのであるが、その他、レンズ群B、レンズ群Cで相互に色収差を補正できるというメリットがある。したがって、それぞれの群の色収差の補正が完結している必要がなく、上記のような構成が可能である。

レンズ群Bとレンズ群Cの相対的間隔変化を出来るだけ小さく保つには、レンズ群B以降の合成系の倍率が-1倍近傍にて変倍するのがよい。ただし、収差補正上は倍率の絶対値は低い方が有利である。したがって、望遠端においては以下の条件を満足するのがよい。

$$(27) \quad 0.8 < -\beta_{r1} < 2.1$$

ただし、 β_{r1} は無限遠物点合焦時の望遠端における移動レンズ群B以降の合成倍率である。

条件(27)の上限の2.1、下限の0.8の何れを越えても、レンズ群Bとレンズ群Cとの相対的間隔の変化量が大きくなってしまう。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(27)' \quad 0.9 < -\beta_{R1} < 1.9$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(27)'' \quad 1.0 < -\beta_{R1} < 1.7$$

なお、以上において、第3のレンズ群Cと第4のレンズ群Dとの間に他のレンズ群が配されてもよい。第3のレンズ群Cと第4のレンズ群Dとは可変する空気間隔を挟んで配置することで、小型化に有利となり、より好ましい。

以上のズームレンズの中、光路を折り曲げるための反射光学素子をプリズムにすると、入射瞳位置を浅くしやすく、レンズ群Aの小型化に有利である。また、そのプリズムの透過面の中、少なくとも一面に曲率を設ける、つまり、プリズムに屈折力を保有させることで、レンズ要素数を削減でき、コンパクト化やコストダウンに寄与することができる。特に奥行き方向を薄くするためには、そのプリズムは最も物体側に配置するとよく、その場合には、プリズムの入射面は物体側に凹面を向けるようにするとよい。これにより、全てが平面のプリズムの場合に、必要であったプリズムよりも物体側の負メニスカスレンズを省略でき、奥行き方向をより薄くすることが可能となる。ただし、こうした構成をとった場合、歪曲収差等の軸外収差補正が不利となるため、非球面を導入することでその補正を可能としている。また、プリズム入射面に非球面を導入すると、射出面との面間偏心精度の確保が困難となるため、射出面については平面として面間偏心要求精度を緩和している。

結局、レンズ群Aは物体側に凹面を向けた透過面（入射面）を有する光路を折り曲げるためのプリズムA1と少なくとも正レンズを含む副群A2で構成するものが、小型化、奥行き方向の薄型化には最良となる。

本構成において、特にレンズ群Bとレンズ群Cの構成がbタイプ（ズームレンズb）である場合は、コマ収差、非点収差、歪曲収差の発生の仕方が変わってくるため、以下の条件（3）～（8）、（21）、（23）、（26）の数値範囲にするのがよい（前記条件（3）～（8）、（21）、（23）、（26）に対応して。また、それらのさらに限定した条件（（3）'、（3）''等）に対処し

て。)。

- (3) $2.0 < \log \gamma_B / \log \gamma < 1.0$
- (3)' $2.2 < \log \gamma_B / \log \gamma < 9$
- (3)" $2.4 < \log \gamma_B / \log \gamma < 8$
- (4) $0.45 < R_{22R} / R_{22F} < 0.95$
- (4)' $0.50 < R_{22R} / R_{22F} < 0.90$
- (4)" $0.55 < R_{22R} / R_{22F} < 0.85$
- (5) $-0.8 < L / R_{22c} < 0.8$
- (5)' $-0.6 < L / R_{22c} < 0.6$
- (5)" $-0.4 < L / R_{22c} < 0.4$
- (6) $2.5 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$
- (6)' $3.0 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$
- (6)" $3.5 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$
- (7) $-1.2 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 1.2$
- (7)' $-0.8 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 0.8$
- (7)" $-0.5 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 0.5$
- (8) $-1.2 < L / f_{2R} < 0.1$
- (8)' $-1.0 < L / f_{2R} < 0.0$
- (8)" $-0.9 < L / f_{2R} < -0.1$
- (21) $0.4 < M_3 / M_2 < 1.6$
- (21)' $0.5 < M_3 / M_2 < 1.4$
- (21)" $0.6 < M_3 / M_2 < 1.2$
- (23) $0.8 < d / L < 1.8$
- (23-1) $0.9 < d / L < 1.5$
- (23-2) $1.0 < d / L < 1.6$
- (23-1)' $1.0 < d / L < 1.3$
- (23-2)' $1.2 < d / L < 1.5$
- (26) $0.5 < f_{11} / f_{12} < 1.6$

$$(26)' \quad 0.6 < f_{11}/f_{12} < 1.5$$

$$(26)'' \quad 0.7 < f_{11}/f_{12} < 1.4$$

また、レンズ群Bとレンズ群Cの構成がbタイプで、レンズ群Aのプリズム入射面が物体側に凹面を向けている場合以外については、前記の条件(3)～(8)、(21)、(23)、(26)に対応して、また、それらのさらに限定した条件((3)'、(3)''等)に対応して、以下の範囲にするのがよい。

$$(3) \quad 0.9 < \log \gamma_B / \log \gamma < 4.5$$

$$(3)' \quad 1.0 < \log \gamma_B / \log \gamma < 4.0$$

$$(3)'' \quad 1.51 < \log \gamma_B / \log \gamma < 3.8$$

$$(4) \quad 0.25 < R_{22R} / R_{22F} < 0.75$$

$$(4)' \quad 0.30 < R_{22R} / R_{22F} < 0.65$$

$$(4)'' \quad 0.33 < R_{22R} / R_{22F} < 0.55$$

$$(5) \quad -1.0 < L / R_{22c} < 0.6$$

$$(5)' \quad -0.8 < L / R_{22c} < 0.4$$

$$(5)'' \quad -0.16 < L / R_{22c} < 0.2$$

$$(6) \quad 1.4 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

$$(6)' \quad 1.8 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

$$(6)'' \quad 2.2 < \nu_{22F} - \nu_{22R}$$

$$(7) \quad -1.6 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 0.4$$

$$(7)' \quad -1.2 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < 0.0$$

$$(7)'' \quad -0.8 < (R_{21F} + R_{21R}) / (R_{21F} - R_{21R}) < -0.4$$

$$(8) \quad -1.2 < L / f_{2R} < -0.1$$

$$(8)' \quad -1.0 < L / f_{2R} < -0.2$$

$$(8)'' \quad -0.9 < L / f_{2R} < -0.3$$

$$(21) \quad 0.0 < M_3 / M_2 < 1.0$$

$$(21)' \quad 0.2 < M_3 / M_2 < 0.9$$

$$(21)'' \quad 0.4 < M_3 / M_2 < 0.8$$

$$(23) \quad 1.0 < d / L < 2.0$$

$$(23-1) \quad 1.1 < d/L < 1.7$$

$$(23-2) \quad 1.2 < d/L < 1.8$$

$$(23-1)' \quad 1.2 < d/L < 1.5$$

$$(23-2)' \quad 1.4 < d/L < 1.7$$

$$(26) \quad 0 < f_{11}/f_{12} < 1.1$$

$$(26)' \quad 0.1 < f_{11}/f_{12} < 1.0$$

$$(26)'' \quad 0.2 < f_{11}/f_{12} < 0.9$$

さて、さらには、本発明のズームレンズを、物体側から順に、変倍時固定レンズ群A、移動レンズ群B、第3のレンズ群C、第4のレンズ群Dにて構成することで、小型の4群ズームレンズが構成できる。

次に、本発明の第5の発明において上記構成を採用する理由及び作用について説明する。

本発明においては、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系を採用した。レンズ系入射面を物体側に向けなおかつ奥行を薄くするには、光路折り曲げを撮影光学系の出来るだけ物体側の位置で、しかも、光線高が低い空気間隔部で実施するのが好ましい。また、ズームやフォーカス駆動系を複雑化しないために、移動群は折り曲げ位置よりも像側とするのがよい。折り曲げスペースを極力小さくするためには、折り曲げ部近傍での結像に寄与する全ての光線高が低いのがよいことを考えると、折り曲げ部の存在する最も物体側のレンズから変倍時に可動な群の直前までの部分系の合成焦点距離が負であることが望ましい。

折り曲げズーム光学系として相応しいレンズ構成を具体的に述べると、物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動するタイプである。

折り曲げズーム光学系として相応しいもう1つのレンズ構成を具体的に述べる。図10と、物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するようなタイプである。

この場合、何れのタイプでも、反射光学素子の反射面の直前の屈折面から反射面の直後の屈折面までの光軸上の空気換算長 d を以下のようにするのがよい。

$$(a) \quad 0.5 < d/L < 2.1$$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域(略矩形)の対角長。

この条件(a)の上限値の2.1を越えると、光学系が大きくなりすぎる。下限値の0.5を越えると、画像周辺部の結像に寄与する光束が満足に像面に達しないし、あるいはゴーストが発生しやすい。

なお、光路を折り曲げる方向の画角が $25^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合、約 $19^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合、それぞれ以下の範囲がよい。

$$(a-1) \quad 0.8 < d/L < 1.9$$

$$(a-2) \quad 0.5 < d/L < 1.5$$

さらに、次のようにすればより好ましい。

$$(a'-1) \quad 0.9 < d/L < 1.8$$

$$(a'-2) \quad 0.6 < d/L < 1.4$$

なお、何れのタイプも近軸的屈折力配置を適切にするために反射面を平面以外で構成してもよい。また、反射面の形状を自由に変えることのできる制御系を設け、それによって変倍の際に発生する焦点位置や収差の変動を補正したり、フォーカスをしたり、変倍をするために形状制御可能な形状可変ミラーにするのがより好ましい。

なお、これとは別に、反射光学素子をプリズム平面部に平凹レンズを接合する等して構成してもよい。歪曲補正のレベルと電子撮像装置の目標サイズとのバランスの関係から、最も物体側にパワーの弱い正レンズを付加してもよい。その場合は、第1-2群はなくてもよい。

これら2つのズームタイプについては、それぞれの最終群は非球面を有する単レンズにて構成するのがよい。歪曲収差、非点収差、コマ収差等、軸外収差の補正には大変効果がある。このレンズによりそれより物体側にて発生する収差をキャンセルしている訳であるから、フォーカス等によらずと収差のバランスを崩してしまう。したがって、最終群は固定とした方がよい。

また、フォーカスを実施する群としては、第1群は折り曲げ系であり相応しくないので、最終群を除く第2群以降の群で実施するのがよい。特に、フォーカス動作による焦点距離や収差の変動が小さい最終群から物体側に2番目の群を用いてフォーカスを行うのがよい。この場合、より近距離側への合焦は繰り出す方向となる。さらに、フォーカスを行うために、最終群から物体側に2番目の群と3番目の群の望遠端での無限遠物点合焦時の光軸上空気間隔 D_{FT} が以下の条件式を満足するのがよい。

$$(b) \quad 0.1 < D_{FT}/f_T < 1.5$$

ただし、 f_T は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

この条件(b)の上限の1.5を越えると、ズーム比の確保が困難となり、下限値の0.1を越えると、フォーカス可能距離レンジを十分にとることができない。

なお、次のようにすればより好ましい。

$$(b') \quad 0.2 < D_{FT}/f_T < 1$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

$$(b'') \quad 0.25 < D_{FT}/f_T < 0.8$$

上記の2つのズームタイプは、第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動するようなズーム形式にするとよい。この方式は、スペースを効率良く使って変倍による焦点位置補正を行いながら高い変倍率を稼ぐことができる。

その場合、無限遠合焦時に広角端から望遠端に変倍する際の第2群、第3群のそれぞれの移動量 M_2 、 M_3 の比を、

$$(c) \quad 0.5 < M_3/M_2 < 2.0$$

の範囲にするのがよい。この条件の上限値の2.0を越えると、ズーム比やフォーカス可能距離レンジを十分にとることができない。下限値の0.5を越えると、こちらもズーム比の確保が困難である。

なお、次のようにすればより好ましい。

$$(c') \quad 0.7 < M_3 / M_2 < 1.4$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

$$(c'') \quad 0.8 < M_3 / M_2 < 1.25$$

上記の2つのズームタイプは、第1群（第1-1群から第1-2群にかけての合成系）をズーム時、フォーカス時に動かすのは光路折り曲げ系につき機構的に困難なため、固定とするのがよい。なお、第1-1群は変倍時固定とするが、第1-2群は移動することが比較的容易なため可動としてもよい。その場合、変倍時に像側に凸の軌跡を描きつつ移動するのがよい。この、第1-2群は色収差や歪曲収差等の軸外収差を補正するために、物体側から順に、負レンズ、正レンズの2枚若しくは正レンズ1枚から構成するのがよい。

さらに、以下の構成上の限定の何れかを加えると、より一層高い仕様、性能、あるいは簡素な構成の折り曲げズームレンズ系を得ることができ、撮像装置のさらなる薄型化に寄与する。

○第1-1群は光路を折り曲げるための反射光学素子より物体側の負レンズ群は、物体側に凸の負レンズ1枚のみとする。

この配置が画角を維持しながら光学系の奥行きを最も薄くできる構成である。

○その場合、負レンズのパワーがある程度ないと意味がないので、第1-1群と第1-2群のパワー比を、

$$(d) \quad 0.8 < f_{11} / f_{12} < 1.9$$

とする。ただし、 f_{11} は第1-1群の焦点距離、 f_{12} は第1-2群の焦点距離である。この条件の上下限の1.9、0.8の何れを越えても、折り曲げ光学素子が大型化しやすい。

なお、次のようにすればより好ましい。

$$(d') \quad 0.6 < f_{11} / f_{12} < 1.7$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

$$(d'') \quad -0.4 < f_{11}/f_{12} < 1.5$$

○第2群又は第3群の何れか一方が単レンズ、もう一方には少なくとも凹レンズを含む。

第2群と第3群は変倍時に相対的間隔をわずかに変えながら概ね同一方向に移動することで、移動スペースを共用でき、少ないスペースで焦点位置を一定に保ちつつ変倍することができるのであるが、その他のメリットとして、それぞれの群の色収差の補正が完結している必要がないということである。つまり、第2群、第3群は相互に色収差が補正できる。したがって、何れか一方を単レンズにて構成してもよい。小型軽量化に貢献する。

○第2群と第3群の相対的間隔変化をできるだけ小さく保つには、第2群以降の合成系の倍率が1倍近傍にて変倍するのがよい。したがって、望遠端においては以下の条件を満足するのがよい。

$$(e) \quad 0.7 < -\beta_{R1} < 2.1$$

ただし、 β_{R1} は第2群以降の望遠端における合成倍率(無限遠物点)である。

この条件の上下限2.1、0.7の何れを越えても、第2群と第3群との相対的間隔の変化量が大きくなってしまふ。

なお、次のようにすればより好ましい。

$$(e') \quad 0.8 < -\beta_{R1} < 1.9$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

$$(e'') \quad 0.85 < -\beta_{R1} < 1.7$$

本発明の第5の電子撮像装置は、また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものを含むものである。

このように、光路を折り曲げるための反射光学素子(プリズム)に屈折力を保

有させることで、レンズ要素数を削減でき、コンパクト化やコストダウンに寄与する。

この場合に、光路を折り曲げるための反射光学素子を光路折り曲げズーム光学系の最も物体側に配置することができる。

このように、光路折り曲げ素子は出来るだけ物体側に配した方が、電子撮像装置の奥行き方向を薄くできる。

また、光路を折り曲げるための反射光学素子の入射面を物体側に凹面に向けた構成にすることができる。

本発明の一例である、物体側から負メニスカスレンズ、光路折り曲げプリズムの順に構成したズーム光学系を有する薄型電子撮像装置に対し、光路折り曲げプリズムの入射面に負の屈折力を持たせることで、その負メニスカスレンズを省略でき、電子撮像装置の奥行き方向をより薄くすることが可能となる。

その場合に、光路を折り曲げるための反射光学素子の入射面を非球面とすることができる。

入射面の光軸上曲率が負値（物体側に凹面に向けた構成）である場合、歪曲収差等の軸外収差補正上不利となるため、非球面を導入することでその収差補正を可能としている。

そして、光路を折り曲げるための反射光学素子の射出面を平面とすることができる。

上記のように、入射面に非球面を導入すると、射出面との面間偏心精度の確保が困難となるため、もう一方の面（射出面）を平面として面間偏心要求精度を緩和することができる。

また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとからなり、少なくとも1つずつの正レンズと負レンズが互いに接合されているものとすることができる。

広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群においては、正レンズと負レンズの相対偏心による収差の劣化が大きい傾向にある。したがって、上記のように出来るだけ互いに接合しておいた方が好ましい。

また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズとからなり、その負レンズが少なくとも一方の正レンズと互いに接合されているものとすることができる。

このように、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズの合計3枚が最低構成要素である。

電子撮像装置の薄型化は、光学系の構成の工夫の他に、機械的機構やレイアウトの工夫も重要である。特に、撮影をしないときにレンズを本体内に収納するいわゆる沈胴方式を採用することは重要である。その機構として、本発明のレンズ構成の場合には、既に本体内部にある反射光学素子を光路から本体内部の別の空間に退避し、その空いた光路上の空間に、反射光学素子よりも物体側にあつて撮影時には本体から突出しているレンズ群を移動して収納する方式を採用するのがよい。

なお、本発明に採用したレンズ構成以外であっても、物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有するような光学系であれば、反射光学素子を光路から本体内部の別の空間に退避し、その空いた光路上の空間に第1レンズ群を移動して収納する方式が使える。

さらに、第1レンズ群の収納時、第2レンズ群が撮影時の最も像面から離れた位置よりも像側に退避するようにするとよい。第2レンズ群以降には変倍やフォーカスのための移動スペースがあるので、例えば収納時にそれを有効利用するために、収納時には第2群はできるだけ像側に押し下げ、必要によっては反射光学素子も像側に移動して第1群を収納したりすることができる。

反射光学素子が特に薄板に反射ミラーコーティングを施した反射ミラーで構成するような場合は、その収納時に、反射ミラーを反射面が折り曲げ、前の光軸と垂直となるように退避させることができるので、退避スペースを必要とせずに第1群の収納が可能である。

その他、収納時に反射光学素子以外のレンズ1枚1枚を倒したり移動して収納空間を作りだしてもよい。

プリズムを外殻のみ固体で形成し、内部を液体等で充填したもので構成する場合

合は、内部の液体を抜いて薄くするのもよい。

なお、反射光学素子を利用した光学系を用いると、以下のようなことが可能になる。

最も優れた応用例として、ポロプリズム方式のファインダーと融合したTTL一眼レフ光学系である。

例えば、反射光学素子を含む撮影光学系と撮像素子との間に、反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略直角の側にも光路を分割する第2の反射面（時分割でも振幅分割でも何でもよい）を設け、その反射側に沿ってその第2の反射面の法線に対し略同一平面内でかつ略直角である法線を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路がその撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたもの等である。これは、カメラの薄型化に大きく貢献する。

第2の応用例として、反射光学素子とそれよりも物体側の光学系を例えば撮影光学系の入射瞳位置近傍を回転中心に回転して撮影方向を変えることができる。あるいは、光学的な手ブレ補正も可能である。

次に、本発明の第6～第10の発明において上記構成を採用する理由及び作用について説明する。

本発明の電子撮像装置では、物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、変倍の際に第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、非球面を有する第4レンズ群とで、レンズ系内で光路の折り曲げられたズームレンズ系を構成し、これを採用している。

このように、光路を折り曲げるための反射光学素子を最も物体側の第1レンズ群に設けると、カメラの奥行き方向を薄く出来る。また、折り曲げ機能を有するレンズ群を変倍時固定とすると、機構的な煩雑さを避けることが出来る。

また、本発明では、第2レンズ群と第3レンズ群は、主に変倍と、変倍による像点位置変動を補正するために、それぞれ異なる動きをするように構成している。

。特に、第2レンズ群は主たる変倍機能を有するレンズ群であるため、広角端から望遠端に変倍する際には、物体側にのみ移動するようにしている。

また、第4レンズ群は、第1～第3レンズ群で発生する残存軸外収差を補正する役割を有し、非球面を導入するのが効果的である。

また、このような構成のズームレンズ系の場合、前記第2レンズ群と第3レンズ群との2つのレンズ群を、合わせて1つ以上の接合レンズ成分を含む合計3以下という少ない数のレンズ成分で構成しても、かなり良好な軸外収差補正が可能である（なお、本願においてレンズ成分とは、最も物体側のレンズ面と最も像側のレンズ面のみが空気間隔と接し、かつ、その間に空気間隔を含まないレンズであり、単レンズ又は接合レンズを1単位とする。）。さらに、次の条件式(41)を満たすとよい。

$$1. \quad 0 < -\beta_{R1} < 2.6 \quad \dots(41)$$

ただし、 β_{R1} は第2レンズ群以降の無限遠物点合焦時の望遠端における合成倍率である。

条件式(41)の上限值を上回る、又は下限値を下回ると、いずれも、第2レンズ群と第3レンズ群との相対的間隔の変化量が大きくなってしまい、移動するレンズ群を移動させるためのスペースの無駄が発生しやすい。

なお、次の条件式(41')を満たすとさらに良い。

$$1. \quad 2 < -\beta_{R1} < 2.3 \quad \dots(41')$$

さらに、次の条件式(41'')を満たすと最も良い。

$$1. \quad 4 < -\beta_{R1} < 2.0 \quad \dots(41'')$$

特に、第2レンズ群は、物体側から順に、非球面を有する正レンズと負レンズとの接合レンズ成分と、正レンズとで構成すると、わずかなレンズ枚数で条件式(41)を満たし、かつ、広角端から望遠端まで収差の変化を極めて少なくすることが可能となる。同時に、変倍時のF値変化の面でも有利となり、射出瞳位置が像面に近くなりすぎず、かつ、変倍時の射出瞳位置の変動も少ない。

なお、この第2レンズ群内の2つのレンズ成分間の相対偏心単位量あたりの収差劣化の度合い（偏心敏感度）が大きくなりがちとなるが、次の条件式(42)を満

たすといふ。

$$0.7 < R_{21R} / R_{21F} < 1.6 \quad \dots(42)$$

但し、 R_{21R} は第2レンズ群の接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{21F} は第2レンズ群の接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

条件式(42)の上限値を上回ると、全系の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利であるが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。

一方、条件式(42)の下限値を下回ると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

なお、次の条件式(42')を満たすとさらに良い。

$$0.75 < R_{21R} / R_{21F} < 1.3 \quad \dots(42')$$

さらに、次の条件式(42'')を満たすと最も良い。

$$0.8 < R_{21R} / R_{21F} < 1.3 \quad \dots(42'')$$

上記に加えて、次の条件式(43)、(44)を満足すると、色収差補正により。

$$0 < L / R_{21c} < 1.0 \quad \dots(43)$$

$$1.5 < \nu_{21F} - \nu_{21R} < 30 \quad \dots(44)$$

ただし、 L は使用する撮像素子の対角長(mm)、 R_{21c} は第2レンズ群の接合レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径である。なお、前記撮像素子については広角端での画角が5.5度以上を含むように使用することを前提とする。

ν_{21F} は第2レンズ群の接合レンズ成分の物体側レンズの媒質のアッペ数、 ν_{21R} は第2レンズ群の接合レンズ成分の像側レンズの媒質のアッペ数である。

条件式(43)の下限値を下回ると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利であるが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に基準波長における球面収差が良好に補正できても、短波長の球面収差はオーバーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。

一方、条件式(43)の上限値を上回ると、軸上色収差・倍率色収差が補正不足となったり、短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。

条件式(44)の下限値を下回ると、軸上色収差が補正不足になりやすい。

一方、条件式(44)の上限値を上回る媒質の組み合わせは自然界には存在しない。

なお、次の条件式(43')、(44')のうち少なくともいずれか1つを満たすとさらに良い。

$$0.2 < L/R_{21c} < 1.2 \quad \dots(43')$$

$$2.0 < \nu_{21F} - \nu_{21R} \quad \dots(44')$$

さらに、次の条件式(43'')、(44'')のうち少なくともいずれか1つを満たすと最も良い。

$$0.4 < L/R_{21c} < 1.0 \quad \dots(43'')$$

$$2.5 < \nu_{21F} - \nu_{21R} \quad \dots(44'')$$

また、第4レンズ群については、次の条件式(45)を満足するとよい。

$$-0.4 < L/fD < 0.6 \quad \dots(45)$$

ただし、Lは電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、fDは第4レンズ群の焦点距離である。

条件式(45)の下限値を下回ると、広角端での射出瞳位置が像面に近づきやすく、一方、条件式(45)の上限値を上回ると、変倍時の射出瞳位置の変動量が大きくなりすぎ、いずれもシェーディングの原因となりやすい。

なお、次の条件式(45')を満足するとさらに良い。

$$-0.2 < L/fD < 0.4 \quad \dots(45')$$

さらに、次の条件式(45'')を満足すると最も良い。

$$0 < L/fD < 0.2 \quad \dots(45'')$$

また、第4レンズ群を正レンズと負レンズの2枚のレンズで構成し、加えて次の条件式(46)を満足すると色収差補正によい。

$$1.5 < \nu_{4P} - \nu_{4N} \quad \dots(46)$$

ただし、 ν_{4P} は第4レンズ群の正レンズの媒質のd線基準でのアッペ数、 ν_{4N} は第4レンズ群の負レンズの媒質のd線基準でのアッペ数である。

条件式(46)の下限値を下回ると、倍率色収差が補正不足になりやすい。

一方、条件式(46)の上限値を超える媒質の組み合わせは自然界には存在しない。

。なお、次の条件式(46')を満たすとさらに良い。

$$2.0 < \nu_{4P} - \nu_{4N} \quad \dots(46')$$

さらに、次の条件式(46'')を満たすと最もよい。

$$2.5 < \nu_{4P} - \nu_{4N} \quad \dots(46'')$$

次に、本発明のズームレンズの第1レンズ群について詳述する。

本発明のズームレンズは、第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズを有する前側副群と、光路を折り曲げるための反射光学素子と、負の屈折力を有する後側副群とで構成されている。光路折り曲げ光学素子はある一定量の光路長を必要とするため入射瞳が深くなりやすい。一方、倍率の確保のためには第2レンズ群以降の焦点距離が長くなり移動スペースが大きくなりやすく、両者は相反する。このため、第1レンズ群の負の屈折力を2つの光学要素で分担して光路折り曲げ光学素子の前後に配置するとよい。そして、その場合は次の条件式(47)、(48)を満足するとよい。

$$0.5 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 5.0 \quad \dots(47)$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 1.2 \quad \dots(48)$$

ただし、 R_{11F} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{11R} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 f_{11} は第1レンズ群の前側副群の焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の後側副群の焦点距離である。

条件式(47)は第1レンズ群の前側副群の負レンズのシェープファクターを規定する条件式である。

条件式(47)の上限値を上回ると、光路折り曲げ光学素子と干渉しやすくなり、干渉を避けるため奥行き寸法が大きくなり、好ましくない。

一方、条件式(47)の下限値を下回ると、歪曲収差などの収差補正が困難になる。

条件式(48)は第1レンズ群の前側副群と後側副群との焦点距離の比を規定する条件式である。

条件式(48)の上限値を上回ると、入射瞳が深くなりやすい。

一方、条件式(48)の下限値を下回ると、倍率の確保のために第2レンズ群以降の焦点距離が長くなり、移動スペースが大きくなりやすい。

なお、次の条件式(47')、(48')を満たすとさらに良い。

$$0.8 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 4.0 \quad \dots(47')$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 1.0 \quad \dots(48')$$

さらに、次の条件式(47'')、(48'')を満たすと最も良い。

$$1.0 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 3.0 \quad \dots(47'')$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 0.8 \quad \dots(48'')$$

興行き寸法を薄くするために前側副群を負レンズ1枚で構成する関係上、主に軸外収差の補正を目的として、前側副群には非球面を導入し、主に色収差や望遠側球面収差の補正を後側副群が負担するようにして、2つのレンズ成分で構成するのがよい。

さらに、2つのレンズ成分により形成される空気レンズ部分に関して、次の条件式(49)を満足するとよい。

$$0.4 < (R_{12R} / R_{13F})^P < 1.6 \quad \dots(49)$$

ただし、 R_{12R} は第1レンズ群の後側副群の2つのレンズ成分間に形成される空気レンズの物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{13F} は第1レンズ群の後側副群の2つのレンズ成分間に形成される空気レンズの像側面の光軸上での曲率半径である。また、2つのレンズ成分の物体側からの順番が、負レンズ成分、正レンズ成分の順で配される場合は $P=1$ とし、正レンズ成分、負レンズ成分の順で配される場合は $P=-1$ とする。

条件式(49)の下限値を下回ると、望遠側球面収差の高次成分が大きくなり、像のコントラスト低下を招きやすい。

一方、条件式(49)の上限値を上回ると、望遠側球面収差の補正不足を招きやすい。

なお、次の条件式(49'')を満たすとさらに良い。

$$0.5 < (R_{12R} / R_{13F})^P < 1.4 \quad \dots(49'')$$

さらに、次の条件式(49")を満たすと最も良い。

$$0.6 < (R_{12R} / R_{13P})^P < 1.2 \quad \dots(49'')$$

また、第1レンズ群の後側副群を構成する2つのレンズ成分のうち少なくとも一方を正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分とし、接合レンズを構成する正レンズには高分散の媒質を使用し、負レンズには低分散の媒質を使用する。とよい。

さらに、次の条件式(50)、(51)を満足するとよい。

$$3 < \nu_{A2N} - \nu_{A2P} < 4.0 \quad \dots(50)$$

$$0.2 < Q \cdot L / R_{A2c} < 1.0 \quad \dots(51)$$

ただし、 ν_{A2N} は前記第1レンズ群の後側副群における接合レンズ成分の負レンズの媒質のd線基準でのアッペ数、 ν_{A2P} は前記第1レンズ群の後側副群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のd線基準でのアッペ数、Lは電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 R_{A2c} は前記第1レンズ群の後側副群における接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径である。また、前記第1レンズ群の後側副群における接合レンズ成分が物体側から順に負レンズ、正レンズのときは $Q = 1$ とし、物体側より正レンズ、負レンズのときは $Q = -1$ とする。

条件式(50)の下限値を下回るか、あるいは条件式(50)の上限値を上回ると、軸上色収差・倍率色収差の同時補正が困難となる。

条件式(51)の下限値を下回ると、球面収差の色収差が発生しやすく、特に基準波長における球面収差が良好に補正できても短波長の球面収差がアンダーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。

一方、条件式(51)の上限値を上回ると、接合偏心敏感度が大きくなり、好ましくない。

また、次の条件式(50')、(51')を満たすとさらに良い。

$$6 < \nu_{A2N} - \nu_{A2P} < 3.5 \quad \dots(50')$$

$$0.3 < Q \cdot L / R_{A2c} < 0.8 \quad \dots(51')$$

さらに、次の条件式(50'')、(51'')を満たすと最も良い。

$$9 < \nu_{A2N} - \nu_{A2P} < 3.0 \quad \dots(50'')$$

$$0.4 < Q \cdot L / R_{A2c} < 0.65 \quad \dots(51')$$

なお、本発明のズームレンズにおける合焦は第3レンズ群を光軸上を前後させて行なうようにするのがよい。また、第4レンズ群は常時固定しておく、機構を単純化できる上、変倍時や合焦時の収差変動を少なくする観点からもよい。

ところで、本発明のような光路折り曲げ式のズームレンズの場合、撮像素子の小型化に伴う光学系の小型化の割合は上述の鏡筒沈胴式のズームレンズに比べて大きい。

従って、カメラをさらに薄くするために電子撮像素子の水平画素ピッチ a (μm) をズームレンズの広角端での開放F値に対して、次の条件式(52)

$$F \geq a \quad \dots(52)$$

を満足する関係となるほどに小さな電子撮像素子を使用して、本発明のズームレンズを使用すると効果的である。その際、次に述べるような工夫をするとさらに良い。

撮像素子が小さくなると画素ピッチも比例して小さくなり、回折の影響による画質劣化が無視できなくなる。特に、広角端での開放F値と使用する電子撮像素子の水平画素ピッチ a (μm) との関係が、上記条件式(52)を満足するまで縮小した場合、開放のみの使用しか出来なくなる。

従って、F値を決める開口絞りは内径を固定とし、さらに開口絞りの挿脱や抜き差し交換も行わないようにする。そのうえで、前記開口絞りと隣り合う屈折面のうち少なくとも一方を前記開口絞りに向かって凸面を向け（本発明では像側に隣り合う屈折面が相当する）、前記開口絞りから光軸に下ろした垂線と光軸との交点が前記凸面の面頂から0.5mm以内であるか、あるいは前記凸面が開口絞り部位の裏面まで含めた開口絞り部材の内径部と交差あるいは接するように配置する。このようにすれば、従来よりスペースを著しく占有していた開口絞りのためのスペースが不要となり、スペースを大幅に節約して、小型化に著しく貢献できる。

また、光量調節については開口絞りに代えて透過率可変手段を用いると良い。透過率可変手段は、光路のどの位置に入れても問題ないため、元々スペースの余

裕のある空間に入れると良い。特に本発明の場合、変倍のために移動するレンズ群と撮像素子との間に挿入するのが良い。透過率可変手段としては透過率が電圧等で可変であるものを用いたり、異なった透過率を有する複数のフィルターを挿脱や抜き差し交換して組み合わせても良い。また、電子撮像素子に導かれる光束の受光時間を調節するシャッターを開閉絞りとは別の空間に配置するのが良い。

また、広角端の開放F値と使用する電子撮像素子の水平画素ピッチ a (μm)との関係において、上記条件式(52) ($F \geq a$)を満たす場合は、光学ローパスフィルターはなくても良い。つまり、ズームレンズ系と撮像素子との間の光路上の媒質はすべて空気あるいは非結晶媒質のみとして良い。回折と幾何収差による結像特性の劣化のために折り返し歪みを発生させ得る周波数成分が、ほとんどないからである。あるいは、前記ズームレンズ系と前記電子撮像素子との間にある各々の光学素子は媒質境界面が全てほぼ平面であり、かつ、光学ローパスフィルターのような空間周波数特性変換作用がないものを使用する構成でも良い。

なお、本発明に用いるズームレンズは、次の条件式(53)を満たすと良い。

$$1. \quad 8 < f_r / f_w \quad \text{---(53)}$$

ただし、 f_r は望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 f_w は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

条件式(53)の下限値を下回ると、ズームレンズ全系の変倍比が1.8よりも小さくなってしまう。

更には、 f_r / f_w が5.5を上回らないようにするのがより好ましい。

5.5を上回ると変倍比が大きくなり、変倍時に移動するレンズ群の移動量が大きくなりすぎるために、光路を折り曲げた方向での大型化が起こり、コンパクトな撮像装置が達成できなくなる。

また、本発明に用いる電子撮像素子においては、広角端全画角が5.5度以上を有することが前提である。5.5度は電子撮像装置に通常求められる広角端全画角である。

また、電子撮像装置における広角端画角は8.0度以下であるのが好ましい。

上記広角端画角が8.0度を上回ると、歪曲収差が起こりやすく、また、第1レ

レンズ群を小型に構成することが難しくなる。従って、電子撮像装置の薄型化が難しくなる。

以上、ズームレンズ部について沈胴厚を薄くしつつも結像性能を良好にする手段を提供した。

次に、フィルター類を薄くする件について言及する。電子撮像装置には、通常、赤外光が撮像面に入射しないように一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。これを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。当然その分薄くなる訳だが、副次的効果がある。ズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、波長 600 nm での透過率 (τ_{600}) が 80% 以上、700 nm での透過率 (τ_{700}) が 8% 以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも 700 nm 以上の近赤外領域の透過率が低く、かつ、相対的に赤側の透過率が高くなり、補色モザイクフィルターを有する CCD 等の固体撮像素子の欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有する CCD 等の固体撮像素子並みの色再現を得ることができる。また、原色補色に限らず、植物や人肌のように近赤外領域に強い反射率を有するものの色再現が改善される。

すなわち、

$$(28) \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.8$$

$$(29) \quad \tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.08$$

を満たすことが望ましい。ただし、 τ_{550} は波長 550 nm での透過率である。

なお、条件 (28)、(29) の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(28)' \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.85$$

$$(29)' \quad \tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.05$$

さらに、条件 (28)、(29) の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらにより。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(28)'' \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.9$$

$$(29) \quad \tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.08$$

CCD等の固体撮像素子のもう1つの欠点は、近紫外域の波長550 nmに対する感度が人間の眼のそれよりもかなり高いことである。これも、近紫外域の色相収差による画像のエッジ部の色にじみを目立たせている。特に光学系を小型化すると致命的である。したがって、波長400 nmでの透過率(τ_{400})の550 nmでのそれ(τ_{550})に対する比が0.08を下回り、440 nmでの透過率(τ_{440})の550 nmでのそれ(τ_{550})に対する比が0.4を上回るような吸収体あるいは反射体を光路上に挿入すれば、色再現に必要な波長域を失わず(色相良好な色再現を保ったまま)、色にじみなどのノイズがかなり軽減される。すなわち、

$$(30) \quad \tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.08$$

$$(31) \quad \tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.4$$

を満たすことが望ましい。

なお、条件(3.0)、(3.1)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

$$(30) \quad \tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.06$$

$$(31) \quad \tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.5$$

さらに、条件(3.0)、(3.1)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

$$(30) \quad \tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.04$$

$$(31) \quad \tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.6$$

なお、これらのフィルターの設置場所は結像光学系と撮像素子の間がよい。一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから、原色フィルター付きCCDと比べ実質的感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。

また、光学系を短く薄くするには、もう一方のフィルターである光学的ローパスフィルターについても出来るだけ薄くするのがよい。一般的に、光学ローパスフィルターは水晶のような単軸結晶が有する複屈折作用を利用しているが、結晶

軸がズームレンズの光軸に対してなす角が 3.5° から 5.5° の範囲であり、かつ、
 、各々の結晶軸を像面に投影したときの方向がそれぞれ異なる複数あるいは単独
 の水晶光学ローパスフィルターを含む場合、その中でズームレンズ光軸上に沿っ
 た厚みが最も厚いフィルターの厚み t_{LFF} (mm) を以下の条件を満たすようにする
 とよい。

$$(32) \quad 0.008 < t_{LFF} / a < 0.016 \quad (a \leq 4 \mu\text{m} \text{ のとき})$$

$$\text{または } 0.0075 < t_{LFF} / a < 0.015 \quad (a < 3 \mu\text{m} \text{ のとき})$$

ただし、 t_{LFF} (mm) はズームレンズの光軸に沿って最も厚くそれとのなす角
 が 3.5° から 5.5° の範囲に1つの結晶軸を有する光学的ローパスフィルターの
 厚み、 a は電子撮像素子の水平画素ピッチ (単位 μm) である。

1枚あるいは複数枚で構成された光学的ローパスフィルターの中最も厚いもの
 は、その厚さがナイキスト限界周波数にて理論上コントラストがゼロになるよう
 に設定されており、およそ $a/5.88$ (mm) である。これよりも厚くすると、
 、モアレ縞のような偽信号の防止には効果があるが、電子撮像素子の持つ分解能
 を十分に発揮できなくなり、薄くするとモアレ縞のような偽信号が十分に除去で
 きない。しかし、モアレ縞のような偽信号はズームレンズ等の撮影レンズの結像
 性能とも深く関連し、結像性能が高い場合はモアレ縞のような偽信号が発生しや
 すいので、光学的ローパスフィルターはやや厚めに、逆の場合はやや薄めに設定
 するのがよい。

一方、画素ピッチが小さくなるにつれて結像レンズ系の回折の影響によりナイ
 キスト限界以上の周波数成分のコントラストが減少するため、モアレ縞のような
 偽信号の発生は少なくなる。したがって、 $a/5.88$ (mm) より数%乃至数
 十%程度薄くすると、むしろナイキスト限界に相当する周波数以下の空間周波数
 でのコントラストが向上し好ましい。

なお、以下のようにするとよりよい。

$$(32)' \quad 0.0075 < t_{LFF} / a < 0.015 \quad (a < 4 \mu\text{m} \text{ のとき})$$

$$\text{または } 0.007 < t_{LFF} / a < 0.014 \quad (a < 3 \mu\text{m} \text{ のとき})$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

$$(32)'' \quad 0.07 < t_{LFF}/a < 0.14 \quad (a < 4 \mu\text{m} \text{ のとき})$$

$$0.065 < t_{LFF}/a < 0.13 \quad (a < 3 \mu\text{m} \text{ のとき})$$

また、 $a < 4 \mu\text{m}$ において、光学的ローパスフィルターは薄くしすぎると加工が困難であるため、余り薄くせず、つまり条件(32)、(32)′、(32)′′の上限を越えても、コントラストがゼロになる空間周波数(カットオフ周波数)を高くする別の方法がある。それは、光学的ローパスフィルターの結晶軸がズームレンズの光軸に対してなす角が 1.5° から 3.5° の範囲、若しくは、 5.5° から 7.5° となるようにするか、場合によっては光学的ローパスフィルターを省略することである。この角度の範囲においては入射光の常光線と異常光線への分離量が 4.5° 近傍のときよりも少なくなり、 0° 若しくは 90° になったときには分離しなくなる(ただし、 90° の場合は両者に速度差がつき位相差が発生する… $\lambda/4$ 板の原理)。

また、前述のごとく画素ピッチが小さくなると、回折の影響でそれに見合った高い空間周波数の結像性能が劣化してくるため、Fナンバーを大きくすることが困難である。したがって、カメラにしたときの開口絞りの種類は幾何収差による劣化の大きな開放と、回折限界近傍の絞り値の2種類のみとしてもよい。その場合、前述の光学的ローパスフィルターはなくても可である。

特に画素ピッチが小さく、開放時の結像性能が最も良い場合等は、撮像面への入射光束サイズを規制する手段として、内径が可変であったり、内径の異なるものと入れ換える方法を用いず、常に内径が固定の開口絞りとしてもよい。その場合、開口絞りに隣接するレンズ面は少なくとも一方はその開口絞りに向かって凸面を向けており、その何れかの隣接するレンズ面が開口絞り内径部を貫通するようにすると、絞りによる無駄なスペースがなく、光学系の全長短縮に寄与する。また、開口絞りとは、レンズ面を1つ以上隔てた光軸を含む何れかの空間に透過率が90%以下の光学素子(出来れば入射面、射出面が共に平面がよい。)を配したり、透過率の異なる別の光学素子と入れ換える手段を持つとよい。

あるいは、開口サイズが固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入

でき、かつ、他のものと交換可能とすることで、像面照度を調節することができる電子撮像装置としておき、その複数の開口の中、一部の開口内に550 nmに対する透過率がそれぞれ異なりかつ8.0%未満であるような媒体を有するようにして光量調節を行うのがよい。あるいは、 $a \text{ (}\mu\text{m)} / F \text{ ナンバー} < 0.4$ となるようなF値に相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に550 nmに対する透過率がそれぞれ異なりかつ8.0%未満の媒体を有する電子撮像装置とするのがよい。例えば、開放値から上記条件の範囲外ではその媒体なしかあるいは550 nmに対する透過率が9.1%以上のダミー媒質としておき、範囲内のときは回折の影響が出る程に開口絞り径を小さくするのではなく、NDフィルターのようなもので光量調節するのがよい。

また、上記の複数の開口をそれぞれ径をF値に反比例して小さくしたものにしておき、NDフィルターの代わりに、それぞれ周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを開口内に入れておくのでもよい。絞り込むにつれて回折劣化が大きくなるので、開口径が小さくなる程光学フィルターの周波数特性を高く設定しておくのがよい。

なお、広角端の開放F値と使用する画素ピッチ $a \text{ (}\mu\text{m)}$ との関係において、 $F > a$ を満たす場合は、光学的ローパスフィルターはなくてもよい。つまり、ズームレンズ系と電子撮像素子間の光路上の媒質は全て空気あるいは非結晶媒質のみとしてよい。回折と幾何収差による結像特性の劣化のために、折り返し歪みを生じさせ得る周波数成分がほとんどないためである。

なお、上記の各条件式の限定は、それぞれの上限值のみの限定、あるいは、下限値のみの限定でも当然に適用できる。また、後記の各実施例のこれらの条件式に対応する値も、各条件式の上限又は下限まで変更し得るものである。

図面の簡単な説明

図1は本発明のズームレンズの実施例1の無限遠物点合焦時の広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図である。

図2は実施例2のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

- 図3は実施例3のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図4は実施例4のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図5は実施例5のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図6は実施例6のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図7は実施例7のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図8は実施例8のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図9は実施例9のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図10は実施例10のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図11は実施例11のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図12は実施例12のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図13は実施例13のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。
- 図14は実施例1のズームレンズの広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における光路図である。
- 図15は本発明の電子撮像装置に用いられる光路折り曲げズーム光学系の実施例14の無限遠物点合焦時の望遠端(a)、中間状態(b)、広角端(c)でのレンズ断面図である。
- 図16は実施例15の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。
- 図17は実施例16の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。
- 図18は実施例17の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。
- 図19は実施例18の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。
- 図20は実施例19の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。
- 図21は実施例20の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

図 2 2 は実施例 2 1 の光路折り曲げズーム光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

図 2 3 は実施例 2 2 の光路折り曲げズーム光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

図 2 4 は実施例 2 3 の光路折り曲げズーム光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

図 2 5 は実施例 2 4 の光路折り曲げズーム光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

図 2 6 は実施例 2 5 の光路折り曲げズーム光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

図 2 7 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの実施例 2 6 にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図 2 8 は実施例 2 6 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図である。

図 2 9 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの実施例 2 7 にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図 3 0 は実施例 2 7 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図である。

図 3 1 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの実施例 2 8 にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図 3 2 は実施例 2 8 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図である。

図 3 3 は本発明に基づく光路折り曲げズーム光学系の沈胴方式の 1 例を説明するための図である。

図 3 4 は光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーで構成した場合の 1 つの沈胴方式の概念図である。

図 3 5 は光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーで構成した場合の別の沈胴方式の概念図である。

図 3 6 は光路折り曲げ用の反射光学素子を液体プリズムあるいは変形可能なプリズムで構成した場合の別の沈胴方式の概念図である。

図 3 7 は光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合の合焦方式の概念図である。

図 3 8 は形状可変ミラーの面形状を説明するための概念図である。

図 3 9 は光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合の手ブレ補正方式の概念図である。

図 4 0 は光路折り曲げズーム光学系からファインダー光路を分割する構成の概念図である。

図 4 1 は電子撮像素子にて撮影を行う場合の有効撮像面の対角長について説明するための図である。

図 4 2 は近赤外シャープカットコーティングの一例の透過率特性を示す図である。

図 4 3 はローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

図 4 4 は補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

図 4 5 は補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

図 4 6 は各実施例の明るさ絞りの部分の一例の詳細を示す斜視図である。

図 4 7 は各実施例の明るさ絞りの部分の別の例の詳細を示す図である。

図 4 8 は本発明による光路折り曲げズーム光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

図 4 9 は図 4 8 のデジタルカメラの後方斜視図である。

図 5 0 は図 4 8 のデジタルカメラの断面図である。

図 5 1 は本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

図 5 2 はパソコンの撮影光学系の断面図である。

図 5 3 は図 5 1 の状態の側面図である。

図 5 4 は本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだ携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、まず、本発明の第1～第5の発明のズームレンズの実施例1～25について説明する。

実施例1～13の無限遠物点合焦時の広角端(a)、中間状態(b)、望遠端(c)でのレンズ断面図をそれぞれ図1～図13に示す。図1～図12中、第1レンズ群はG1、絞りはS、第2レンズ群はG2、第3レンズ群はG3、第4レンズ群はG4、光学的ローパスフィルターはLF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはCG、CCDの像面はIで示してある。また、第1レンズ群中G1中の光路折り曲げプリズムを展開した平行平板はPで示してある。また、図13中、第1-1レンズ群はG1-1、第1-2レンズ群はG1-2、光路折り曲げプリズムはP、第2レンズ群はG2、第3レンズ群はG3、第4レンズ群はG4、近赤外カットコート面はIC、光学的ローパスフィルターはLF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはCG、CCDの像面はIで示してあり、物体側から順に配置された、近赤外カットコート面IC、光学的ローパスフィルターLF、カバーガラスCGは、最終群G4と像面Iの間に固定配置されている。これらの実施例について、光学的ローパスフィルターLFの最大厚みについては後記する。なお、近赤外シャープカットコートについては、例えば光学的ローパスフィルターLFに直接コートを施してもよく、また、別に赤外カット吸収フィルターを配置してもよく、あるいは、透明平板の入射面に近赤外シャープカットコートしたものを用いてもよい。

光路折り曲げプリズムPは、代表例として例えば実施例1のズームレンズの広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における光路図を図14に示すように、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成される。なお、実施例1～13における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。

また、実施例14～25の無限遠物点合焦時の望遠端(a)、中間状態(b)、広角端(c)でのレンズ断面図をそれぞれ図15～図26に示す。各図中、第1群はG1、第1-1群はG1-1、第1-2群はG1-2、第2群はG2、

第3群はG 3、第4群はG 4、第5群はG 5、光路折り曲げプリズムはP、開口絞り（独立の場合）はS、近赤外カットフィルターはI F、近赤外カットコート面はI C、ローパスフィルターはL F、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはC G、CCDの像面はIで示してあり、物体側から順に配置された近赤外カットフィルターI F、ローパスフィルターL F、カバーガラスC G、あるいは、近赤外カットコート面I C、ローパスフィルターL F、カバーガラスC Gは、最終群と像面Iの間に固定配置されている。

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凹負レンズと、両凸正レンズとからなる第1レンズ群G 1、開口絞りS、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズとからなる第2レンズ群G 2、両凸正レンズ1枚からなる第3レンズ群G 3、両凸正レンズ1枚からなる第4レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G 1、第4レンズ群G 4は固定で、第2レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は第2レンズ群G 2との間隔を一旦広げその後縮めながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G 3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G 1の両凹負レンズの像面側の面、第2レンズ群G 2の最も物体側の面、第4レンズ群G 4の像面側の面の3面に用いられている。

実施例2のズームレンズは、図2に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G 1、開口絞りS、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズからなる第2レンズ群G 2、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第3レンズ群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第4レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G 1、第4レンズ群G 4は固定で、第2レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は第2レンズ群G 2との間隔を広げながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシ

ングするために、第3レンズ群G 3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G 1の光路折り曲げプリズムPの直後の負メニスカスレンズの像面側の面、第3レンズ群G 3の最も物体側の面、第4レンズ群G 4の像面側の面の3面に用いられている。

実施例3のズームレンズは、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G 1、開口絞りS、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズからなる第2レンズ群G 2、物体側に凸のメニスカスレンズと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズとからなる第3レンズ群G 3、両凸正レンズ1枚からなる第4レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G 1、第4レンズ群G 4は固定で、第2レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は第2レンズ群G 2との間隔を一旦広げその後縮めながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G 3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G 1の光路折り曲げプリズムPの直後の負メニスカスレンズの像面側の面、第3レンズ群G 3の最も物体側の面、第4レンズ群G 4の像面側の面の3面に用いられている。

実施例4のズームレンズは、図4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G 1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G 2、両凸正レンズと両凸負レンズの接合レンズからなる第3レンズ群G 3、両凸正レンズ1枚からなる第4レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G 1、第4レンズ群G 4は固定で、第2レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は第2レンズ群G 2との間隔を一旦広げその後縮めながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G 3は物体側

へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G1の光路折り曲げプリズムPの直後の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第4レンズ群G4の物体側の面の3面に用いられている。

実施例5のズームレンズは、図5に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3レンズ群G3、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、第4レンズ群G4は固定で、第2レンズ群G2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦第2レンズ群G2との間隔を広げながら像面側へ移動し、その後第2レンズ群G2との間隔を縮めながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G1の光路折り曲げプリズムPの直後の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第3レンズ群G3の物体側の面、第4レンズ群G4の最も物体側の面の4面に用いられている。

実施例6のズームレンズは、図6に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3レンズ群G3、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、第4レンズ群G4は固定で、第2レンズ群G2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦第2レンズ群G2との間

隔を広げながら像面側に移動し、その後第2レンズ群G2との間隔を縮めながら物体側に移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G1の光路折り曲げプリズムPの直後の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第4レンズ群G4の最も物体側の面の3面に用いられている。

実施例7のズームレンズは、図7に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3レンズ群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズからなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、第4レンズ群G4は固定で、第2レンズ群G2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦第2レンズ群G2との間隔を広げながら像面側に移動し、その後第2レンズ群G2との間隔を縮めながら物体側に移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G1の最も物体側の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第4レンズ群G4の最も像面側の面の3面に用いられている。

実施例8のズームレンズは、図8に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凸負レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズの接合レンズとからなる第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3レンズ群G3、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第

1 レンズ群G 1、第4 レンズ群G 4は固定で、第2 レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3 レンズ群G 3は一旦第2 レンズ群G 2との間隔を広げながら像面側に移動し、その後第2 レンズ群G 2との間隔を縮めながら物体側に移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3 レンズ群G 3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1 レンズ群G 1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2 レンズ群G 2の最も物体側の面、第4 レンズ群G 4の最も物体側の面の3面に用いられている。

実施例9のズームレンズは、図9に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、像面側に凸の負メニスカスレンズと像面側に凸の正メニスカスレンズの接合レンズとからなる第1 レンズ群G 1、開口絞りS、両凸正レンズと、凸平正レンズと平凹負レンズの接合レンズからなる第2 レンズ群G 2、両凸正レンズ1枚からなる第3 レンズ群G 3、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第4 レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1 レンズ群G 1、第4 レンズ群G 4は固定で、第2 レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3 レンズ群G 3は第2 レンズ群G 2との間隔を一旦広げその後縮めながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3 レンズ群G 3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1 レンズ群G 1の最も物体側の負メニスカスレンズの像面側の面、第2 レンズ群G 2の最も物体側の面、第4 レンズ群G 4の最も物体側の面の3面に用いられている。

実施例10のズームレンズは、図10に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凹負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1 レンズ群G 1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2 レンズ群G 2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3 レンズ群G 3、像面側に凸の負メニスカスレンズと像面側に凸の正メニスカスレ

レンズの接合レンズからなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、第4レンズ群G4は固定で、第2レンズ群G2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦第2レンズ群G2との間隔を広げながら像面側に移動し、その後第2レンズ群G2との間隔を縮めながら物体側に移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G1の光路折り曲げプリズムPの直後の両凹負レンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第3レンズ群G3の物体側の面、第4レンズ群G4の最も像面側の面の4面に用いられている。

実施例11のズームレンズは、図11に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凹負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる第2レンズ群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3レンズ群G3、像面側に凸の負メニスカスレンズと像面側に凸の正メニスカスレンズの接合レンズからなる第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1、第4レンズ群G4は固定で、第2レンズ群G2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦第2レンズ群G2との間隔を広げながら像面側に移動し、その後第2レンズ群G2との間隔を縮めながら物体側に移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G1の光路折り曲げプリズムPの直後の両凹負レンズの両面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第4レンズ群G4の最も像面側の面の4面に用いられている。

実施例12のズームレンズは、図12に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、光路折り曲げプリズムPと、両凹負レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズと

からなる第2レンズ群G 2、物体側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる第3レンズ群G 3、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズからなる第4レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G 1、第4レンズ群G 4は固定で、第2レンズ群G 2は開口絞りSと共に物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は一旦第2レンズ群G 2との間隔を広げながら像面側に移動し、その後第2レンズ群G 2との間隔を縮めながら物体側へ移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G 3は物体側へ繰り出される。

非球面は、第1レンズ群G 1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G 2の最も物体側の面、第4レンズ群G 4の最も像面側の面の3面に用いられている。

なお、以上の実施例1～12の第1レンズ群G 1が本発明のレンズ群Aを、第2レンズ群G 2が本発明のレンズ群Bを構成している。

実施例13のズームレンズは、図13に示すように、凹平負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1レンズ群G 1-1、物体側に凹の負メニスカスレンズと物体側に凹の正メニスカスレンズの接合レンズからなる第1-2レンズ群G 1-2、開口絞りと、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズとからなる第2レンズ群G 2、両凸正レンズからなる第3レンズ群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4レンズ群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-1レンズ群G 1-1の光路折り曲げプリズムPの物体側の面、第2レンズ群G 2の最も物体側の面、第4レンズ群G 4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

なお、実施例13においては、第1-1レンズ群G 1-1と第1-2レンズ群G 1-2が本発明のレンズ群Aを、第2レンズ群G 2が本発明のレンズ群Bを構成している。

また、実施例13は本発明による第6のズームレンズでもあり、 $\beta_{R1} = -1.36309$ である。また、本発明による第6のズームレンズにおいて、第1レンズ群が物体側に凹面を向けた透過面を有する光路を折り曲げるプリズムA1と、少なくとも正レンズを含む副群A2とした例である。

実施例14の光路折り曲げズーム光学系は、図15に示すように、両凹負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りSと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズと両凸正レンズからなる第3群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第4群G4、両凸正レンズからなる第5群G5からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は相互に間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動し、第4群G4は第3群G3との間隔を広げながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の負メニスカスレンズの像面側の面、第5群G5の両凸正レンズの像面側の面の4面に用いられている。

実施例15の光路折り曲げズーム光学系は、図16に示すように、両凹負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、独立に移動する開口絞りS、両凸正レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第2群G2、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G4と第3群G3は相互に間隔を広げながら物体側へ移動する。第1-2群G1-2と第2群G4の間に配置された開口絞りSも、第1-2群G1-2と第2群G4の間隔を狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の最も近い物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

実施例16の光路折り曲げズーム光学系は、図17に示すように、物体側に凸

の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第3群G3の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

実施例17の光路折り曲げズーム光学系は、図18に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズと両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の絞りの後の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

実施例18の光路折り曲げズーム光学系は、図19に示すように、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1群G1、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズと両凸正レンズからなる第3群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第4群G4、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第5群G5からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら、また

、第3群G 3と第4群G 4は間隔を広げながら、物体側へ移動し、第5群G 5は若干像面側へ移動する。

非球面は、第1群G 1の両凸正レンズの像面側の面、第2群G 2の両凸正レンズの物体側の面、第4群G 4の負メニスカスレンズの像面側の面、第5群G 5の正メニスカスレンズの像面側の面の4面に用いられている。

実施例19の光路折り曲げズーム光学系は、図20に示すように、両凸正レンズと両凹負レンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1群G 1、開口絞りと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G 2、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G 3、両凸正レンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2と第3群G 3は間隔を広げながら物体側へ移動し、第4群G 4は像面側に凸の軌跡を描きつつ望遠端では物体側へ若干移動する。

非球面は、第1群G 1の両凹負レンズの物体側の面、第2群G 2の最も物体側の面、第3群G 3の負メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

実施例20の光路折り曲げズーム光学系は、図2-1に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G 1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G 1-2、開口絞りと両凸正レンズと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚からなる第2群G 2、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2と第3群G 3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-1群G 1-1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2群G 2の最も物体側の面、第4群G 4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

実施例21の光路折り曲げズーム光学系は、図2-2に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G 1-1、両凹負レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第

1-2群G 1-2、開口絞りと両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第2群G 2、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2と第3群G 3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-1群G 1-1の負メニスカスレンズの物体側の面、第2群G 2の最も物体側の面、第4群G 4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

実施例2.2の光路折り曲げズーム光学系は、図2.3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G 1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G 1-2、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G 2、両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2と第3群G 3は間隔を一旦は広げ後に若干狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G 1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G 3の最も物体側の面、第4群G 4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

実施例2.3の光路折り曲げズーム光学系は、図2.4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G 1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G 1-2、開口絞りと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G 2、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2と第3群G 3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G 1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G 3の最も物体側の面、第4群G 4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

実施例2-4の光路折り曲げズーム光学系は、図2-5に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G 1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G 1-2、開口絞りと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G 2、物体側に凸の正メニスカスレンズと、凸正レンズと平凹負レンズの接合レンズからなる第3群G 3、両凸正レンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2は第3群G 3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-2群G 1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G 3の正メニスカスレンズの物体側の面、第4群G 4の両凸正レンズの像面側の面の3面に用いられている。

実施例2-5の光路折り曲げズーム光学系は、図2-6に示すように、凹平負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G 1-1、物体側に凹の負メニスカスレンズと物体側に凹の正メニスカスレンズの接合レンズからなる第1-2群G 1-2、開口絞りと、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズとからなる第2群G 2、両凸正レンズからなる第3群G 3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G 4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G 2と第3群G 3は間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

非球面は、第1-1群G 1-1の光路折り曲げプリズムPの物体側の面、第2群G 2の最も物体側の面、第4群G 4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 2ω は画角、 F_{no} はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端。

望遠端、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の
 間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} …は各レンズのアッ
 ペ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を
 光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K+1) (y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、
 6次、8次、10次の非球面係数である。

実施例1

$r_1 = 14.8444$	$d_1 = 1.2000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$
$r_2 = 7.9462$	$d_2 = 2.9000$		
$r_3 = \infty$	$d_3 = 12.5000$	$n_{d2} = 1.78590$	$\nu_{d2} = 44.20$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 0.4100$		
$r_5 = -29.2456$	$d_5 = 1.0000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$
$r_6 = 9.2661$ (非球面)	$d_6 = 1.0000$		
$r_7 = 15.5357$	$d_7 = 1.8200$	$n_{d4} = 1.71736$	$\nu_{d4} = 29.52$
$r_8 = -23.5495$	$d_8 =$ (可変)		
$r_9 = \infty$ (絞り)	$d_9 = 1.0000$		
$r_{10} = 8.5761$ (非球面)	$d_{10} = 2.3000$	$n_{d5} = 1.80610$	$\nu_{d5} = 40.92$
$r_{11} = -36.3441$	$d_{11} = 0.1500$		
$r_{12} = 15.2953$	$d_{12} = 2.7000$	$n_{d6} = 1.69350$	$\nu_{d6} = 53.21$
$r_{13} = -15.0000$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.80518$	$\nu_{d7} = 25.42$
$r_{14} = 5.3453$	$d_{14} =$ (可変)		
$r_{15} = 16.7201$	$d_{15} = 1.6000$	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} = -486.1483$	$d_{16} =$ (可変)		
$r_{17} = 28.4526$	$d_{17} = 1.7000$	$n_{d9} = 1.58313$	$\nu_{d9} = 59.38$
$r_{18} = -34.4702$ (非球面)	$d_{18} = 0.6600$		

$$r_{19} = \infty \quad d_{19} = 1.4400 \quad n_{d10} = 1.54771 \quad \nu_{d10} = 62.84$$

$$r_{20} = \infty \quad d_{20} = 0.8000$$

$$r_{21} = \infty \quad d_{21} = 0.6000 \quad n_{d11} = 1.51633 \quad \nu_{d11} = 64.14$$

$$r_{22} = \infty \quad d_{22} = 1.3598$$

$$r_{23} = \infty \text{ (像面)}$$

非球面係数

第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -3.5636 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.2749 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.9541 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 5.5683 \times 10^{-9}$$

第10面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.3319 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -9.0916 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -3.8758 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第18面

$$K = 0$$

$$A_4 = 4.8568 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.3258 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.7328 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = -3.3044 \times 10^{-8}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00491	9.33131	14.49908
F _{No}	2.8494	3.6391	4.5331

$2\omega (^{\circ})$	32.7	21.4	13.9
d_8	14.59760	7.77126	1.49983
d_{14}	1.99990	7.34104	5.91654
d_{16}	5.46534	6.96338	14.64643

実施例2

$r_1 =$	18.3518	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} =$	1.78590	$\nu_{d1} =$	44.20
$r_2 =$	8.4466	$d_2 =$	2.9000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	12.5000	$n_{d2} =$	1.78590	$\nu_{d2} =$	44.20
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.5000				
$r_5 =$	1113.2775	$d_5 =$	1.0000	$n_{d3} =$	1.74320	$\nu_{d3} =$	49.34
$r_6 =$	8.4738 (非球面)	$d_6 =$	0.8000				
$r_7 =$	10.8733	$d_7 =$	2.0000	$n_{d4} =$	1.72825	$\nu_{d4} =$	28.46
$r_8 =$	156.2997	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	1.0000				
$r_{10} =$	17.7870	$d_{10} =$	0.7000	$n_{d5} =$	1.84666	$\nu_{d5} =$	23.78
$r_{11} =$	9.5000	$d_{11} =$	2.0000	$n_{d6} =$	1.53172	$\nu_{d6} =$	48.84
$r_{12} =$	-16.0207	$d_{12} =$	(可変)				
$r_{13} =$	4.2286 (非球面)	$d_{13} =$	2.5000	$n_{d7} =$	1.69350	$\nu_{d7} =$	53.21
$r_{14} =$	5.4000	$d_{14} =$	0.7000	$n_{d8} =$	1.84666	$\nu_{d8} =$	23.78
$r_{15} =$	3.0911	$d_{15} =$	0.9300				
$r_{16} =$	7.7824	$d_{16} =$	1.5000	$n_{d9} =$	1.51633	$\nu_{d9} =$	64.14
$r_{17} =$	15.1208	$d_{17} =$	(可変)				
$r_{18} =$	-12.0255	$d_{18} =$	1.8000	$n_{d10} =$	1.51633	$\nu_{d10} =$	64.14
$r_{19} =$	-6.7836 (非球面)	$d_{19} =$	0.6600				
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000				
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14

$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3603
$r_{24} =$	∞ (像面)		
非球面係数			
第6面			
$K = 0$			
$A_4 = -1.2289 \times 10^{-4}$			
$A_6 = -5.3381 \times 10^{-6}$			
$A_8 = 8.7422 \times 10^{-8}$			
$A_{10} = -3.3652 \times 10^{-11}$			
第13面			
$K = 0$			
$A_4 = -1.9805 \times 10^{-4}$			
$A_6 = -2.8934 \times 10^{-5}$			
$A_8 = 1.9147 \times 10^{-6}$			
$A_{10} = -1.9986 \times 10^{-7}$			
第19面			
$K = 0$			
$A_4 = 8.1993 \times 10^{-4}$			
$A_6 = -1.1656 \times 10^{-5}$			
$A_8 = -3.0739 \times 10^{-7}$			
$A_{10} = 0.0000$			

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00484	9.32900	14.49815
F_{No}	2.8586	3.5391	4.4656
$2\omega (^{\circ})$	32.7	21.2	14.0
d_s	14.82338	7.17554	1.49960
d_{12}	1.39943	6.88233	7.06951

d_{17} 4.89357 7.02815 12.54751

実施例3

$r_1 =$	18.4212	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} = 1.78590$	$\nu_{d1} = 44.20$
$r_2 =$	8.6018	$d_2 =$	2.9000		
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	12.5000	$n_{d2} = 1.78590$	$\nu_{d2} = 44.20$
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.5000		
$r_5 =$	62.7612	$d_5 =$	1.0000	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$
$r_6 =$	6.4831 (非球面)	$d_6 =$	0.8000		
$r_7 =$	9.0709	$d_7 =$	2.0000	$n_{d4} = 1.72825$	$\nu_{d4} = 28.46$
$r_8 =$	107.5707	$d_8 =$	(可変)		
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	1.0000		
$r_{10} =$	12.3123	$d_{10} =$	0.7000	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$
$r_{11} =$	7.0000	$d_{11} =$	2.0000	$n_{d6} = 1.58313$	$\nu_{d6} = 59.38$
$r_{12} =$	-25.6683	$d_{12} =$	(可変)		
$r_{13} =$	4.7382 (非球面)	$d_{13} =$	2.5000	$n_{d7} = 1.80610$	$\nu_{d7} = 40.92$
$r_{14} =$	3.4603	$d_{14} =$	0.9300		
$r_{15} =$	7.8166	$d_{15} =$	2.0000	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} =$	-7.2953	$d_{16} =$	0.7000	$n_{d9} = 1.83400$	$\nu_{d9} = 37.16$
$r_{17} =$	-69.1622	$d_{17} =$	(可変)		
$r_{18} =$	220.1623	$d_{18} =$	1.8000	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$
$r_{19} =$	-14.8379 (非球面)	$d_{19} =$	0.6600		
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} = 1.54771$	$\nu_{d11} = 62.84$
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000		
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3610		
$r_{24} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -3.8689 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.0903 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -3.1388 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 4.2432 \times 10^{-9}$$

第13面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.1413 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.9818 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -3.1231 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = 4.8219 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.8188 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 2.6094 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00765	9.33160	14.49720
F _{No}	2.8190	3.5028	4.4438
2 ω (°)	32.7	21.2	13.9
d _s	14.09558	6.85361	1.49984
d ₁₂	1.40013	6.67003	5.54950
d ₁₇	5.11617	7.07754	13.56271

実施例4

$r_1 =$	20.3735	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} =$	1.78590	$\nu_{d1} =$	44.20
$r_2 =$	8.8056	$d_2 =$	2.9000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	12.5000	$n_{d2} =$	1.78590	$\nu_{d2} =$	44.20
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.3000				
$r_5 =$	91.5080	$d_5 =$	0.9000	$n_{d3} =$	1.80610	$\nu_{d3} =$	40.92
$r_6 =$	6.4940 (非球面)	$d_6 =$	0.1400				
$r_7 =$	7.2843	$d_7 =$	2.2000	$n_{d4} =$	1.74000	$\nu_{d4} =$	28.30
$r_8 =$	146.5397	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	1.0000				
$r_{10} =$	5.1758 (非球面)	$d_{10} =$	2.5000	$n_{d5} =$	1.74320	$\nu_{d5} =$	49.34
$r_{11} =$	9.0000	$d_{11} =$	0.7000	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78
$r_{12} =$	4.6154	$d_{12} =$	0.9300				
$r_{13} =$	17.8685	$d_{13} =$	1.5000	$n_{d7} =$	1.72916	$\nu_{d7} =$	54.68
$r_{14} =$	-34.0913	$d_{14} =$	(可変)				
$r_{15} =$	10.1880	$d_{15} =$	1.9600	$n_{d8} =$	1.77250	$\nu_{d8} =$	49.60
$r_{16} =$	-50.0000	$d_{16} =$	0.7000	$n_{d9} =$	1.67270	$\nu_{d9} =$	32.10
$r_{17} =$	10.2079	$d_{17} =$	(可変)				
$r_{18} =$	23.9392 (非球面)	$d_{18} =$	1.8000	$n_{d10} =$	1.58313	$\nu_{d10} =$	59.38
$r_{19} =$	-44.7453	$d_{19} =$	0.6600				
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000				
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3599				
$r_{24} =$	∞ (像面)						

非球面係数

第6面

 $K = 0$ $A_4 = -2.8088 \times 10^{-4}$

$$A_6 = 2.6396 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.8363 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 9.0705 \times 10^{-9}$$

第10面

$$K = 0.0000$$

$$A_4 = -3.1977 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.1006 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -7.1881 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第18面

$$K = 0.0000$$

$$A_4 = -2.6755 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.6472 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.1043 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	STANDARD	TE
f (mm)	6.01024	9.33049	14.49490
F_{no}	2.8184	3.5212	4.3375
2ω (°)	32.6	21.6	13.9
d_8	14.61596	7.52861	1.49916
d_{14}	1.39873	7.91160	7.03236
d_{17}	5.91073	6.48903	13.39408

実施例5

$r_1 =$	17.9860	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} =$	1.78590	$\nu_{d1} =$	44.20
$r_2 =$	8.3182	$d_2 =$	2.9000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	12.5000	$n_{d2} =$	1.78590	$\nu_{d2} =$	44.20

$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.3000	
$r_5 =$	72.7266	$d_5 =$	0.9000	$n_{d3} = 1.58313 \quad \nu_{d3} = 59.38$
$r_6 =$	5.2266 (非球面)	$d_6 =$	0.4400	
$r_7 =$	7.1726	$d_7 =$	1.9000	$n_{d4} = 1.83400 \quad \nu_{d4} = 37.16$
$r_8 =$	22.4388	$d_8 =$	(可変)	
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	1.0000	
$r_{10} =$	5.2528 (非球面)	$d_{10} =$	2.5000	$n_{d5} = 1.74320 \quad \nu_{d5} = 49.34$
$r_{11} =$	10.0000	$d_{11} =$	0.7000	$n_{d6} = 1.84666 \quad \nu_{d6} = 23.78$
$r_{12} =$	4.6454	$d_{12} =$	0.8000	
$r_{13} =$	13.3752	$d_{13} =$	1.5000	$n_{d7} = 1.72916 \quad \nu_{d7} = 54.68$
$r_{14} =$	-37.9999	$d_{14} =$	(可変)	
$r_{15} =$	10.5633 (非球面)	$d_{15} =$	1.4000	$n_{d8} = 1.48749 \quad \nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} =$	15.0339	$d_{16} =$	(可変)	
$r_{17} =$	38.6419 (非球面)	$d_{17} =$	2.1000	$n_{d9} = 1.74320 \quad \nu_{d9} = 49.34$
$r_{18} =$	-11.0000	$d_{18} =$	0.8000	$n_{d10} = 1.84666 \quad \nu_{d10} = 23.78$
$r_{19} =$	-30.5080	$d_{19} =$	0.6600	
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} = 1.54771 \quad \nu_{d11} = 62.84$
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000	
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} = 1.51633 \quad \nu_{d12} = 64.14$
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3598	
$r_{24} =$	∞ (像面)			

非球面係数

第6面

 $K = 0$ $A_4 = -6.0228 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.9006 \times 10^{-5}$ $A_8 = 4.0887 \times 10^{-7}$ $A_{10} = -4.9789 \times 10^{-8}$

第10面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.8288 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.3087 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.8342 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第15面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.4603 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -9.3569 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 2.0899 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第17面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.8274 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.4781 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.2650 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00754	9.32975	14.49731
F _{No}	2.8495	3.5727	4.3700
2 ω (°)	32.6	21.6	13.9
d ₈	14.07403	7.43206	1.49953
d ₁₄	1.39969	9.03177	6.40046
d ₁₆	6.73599	5.75394	14.30980

実施例6

$r_1 =$	17.8001	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} = 1.78590$	$\nu_{d1} = 44.20$
$r_2 =$	8.2437	$d_2 =$	2.9000		
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	12.5000	$n_{d2} = 1.78590$	$\nu_{d2} = 44.20$
$r_4 =$	∞	$d_4 =$	0.3000		
$r_5 =$	46.5308	$d_5 =$	0.9000	$n_{d3} = 1.58313$	$\nu_{d3} = 59.38$
$r_6 =$	5.1472 (非球面)	$d_6 =$	0.4400		
$r_7 =$	7.0137	$d_7 =$	1.9000	$n_{d4} = 1.83400$	$\nu_{d4} = 37.16$
$r_8 =$	19.5923	$d_8 =$	(可変)		
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	1.0000		
$r_{10} =$	5.4144 (非球面)	$d_{10} =$	2.5000	$n_{d5} = 1.74320$	$\nu_{d5} = 49.34$
$r_{11} =$	11.0000	$d_{11} =$	0.7000	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$
$r_{12} =$	4.9373	$d_{12} =$	0.8000		
$r_{13} =$	16.3823	$d_{13} =$	1.5000	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_{14} =$	-27.0398	$d_{14} =$	(可変)		
$r_{15} =$	9.6711	$d_{15} =$	1.4000	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} =$	12.8264	$d_{16} =$	(可変)		
$r_{17} =$	40.2313 (非球面)	$d_{17} =$	2.1000	$n_{d9} = 1.74320$	$\nu_{d9} = 49.34$
$r_{18} =$	-11.0000	$d_{18} =$	0.8000	$n_{d10} = 1.84666$	$\nu_{d10} = 23.78$
$r_{19} =$	-29.7083	$d_{19} =$	0.6600		
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} = 1.54771$	$\nu_{d11} = 62.84$
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000		
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3602		
$r_{24} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第6面

 $K = 0$ $A_4 = -6.1045 \times 10^{-4}$

$$A_6 = -2.1149 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 6.3248 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -6.3667 \times 10^{-8}$$

第10面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.8497 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.9160 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.1489 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第17面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.5883 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.4464 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 4.8112 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.01250	9.32862	14.49489
F _{No}	2.8398	3.5522	4.3431
2 ω (°)	32.6	21.6	13.9
d ₈	13.97559	7.36589	1.49906
d ₁₄	1.39898	9.08823	6.32194
d ₁₆	6.84047	5.77938	14.39408

実施例7

r ₁ =	21.2933	d ₁ =	1.2000	n _{d1} =	1.78590	ν_{d1} =	44.20
r ₂ =	9.1188 (非球面)	d ₂ =	2.9000				
r ₃ =	∞	d ₃ =	12.5000	n _{d2} =	1.78590	ν_{d2} =	44.20

$r_4 = \infty$	$d_4 = 0.3000$	
$r_5 = 580.7411$	$d_5 = 0.9000$	$n_{d5} = 1.58267 \quad \nu_{d5} = 46.42$
$r_6 = 7.7517$	$d_6 = 0.4400$	
$r_7 = 8.2515$	$d_7 = 1.9000$	$n_{d4} = 1.84666 \quad \nu_{d4} = 23.78$
$r_8 = 15.6144$	$d_8 = (\text{可変})$	
$r_9 = \infty (\text{絞り})$	$d_9 = 1.0000$	
$r_{10} = 5.7808 (\text{非球面})$	$d_{10} = 2.5000$	$n_{d5} = 1.74320 \quad \nu_{d5} = 49.34$
$r_{11} = 13.0000$	$d_{11} = 0.7000$	$n_{d6} = 1.84666 \quad \nu_{d6} = 23.78$
$r_{12} = 5.2982$	$d_{12} = 0.8000$	
$r_{13} = 14.1056$	$d_{13} = 1.5000$	$n_{d7} = 1.72916 \quad \nu_{d7} = 54.68$
$r_{14} = -27.2119$	$d_{14} = (\text{可変})$	
$r_{15} = 13.7890$	$d_{15} = 1.4000$	$n_{d8} = 1.48749 \quad \nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} = 20.8162$	$d_{16} = (\text{可変})$	
$r_{17} = 100.9793$	$d_{17} = 0.8000$	$n_{d9} = 1.84666 \quad \nu_{d9} = 23.78$
$r_{18} = 13.5000$	$d_{18} = 2.1000$	$n_{d10} = 1.80610 \quad \nu_{d10} = 40.92$
$r_{19} = -25.2224 (\text{非球面})$	$d_{19} = 0.6600$	
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.4400$	$n_{d11} = 1.54771 \quad \nu_{d11} = 62.84$
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 0.8000$	
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 0.6000$	$n_{d12} = 1.51633 \quad \nu_{d12} = 64.14$
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 1.3601$	
$r_{24} = \infty (\text{像面})$		

非球面係数

第2面

 $K = 0$ $A_4 = -1.4911 \times 10^{-5}$ $A_6 = -1.1650 \times 10^{-6}$ $A_8 = 4.2491 \times 10^{-9}$ $A_{10} = 0.0000$

第10面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.3339 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.6427 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.6924 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.8090 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.1230 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.2807 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00574	9.327128	14.49692
F _{No}	2.8248	3.5310	4.2987
2 ω (°)	32.77	21.5	13.9
d ₈	13.57761	7.20846	1.49942
d ₁₄	1.39965	9.63810	5.81790
d ₁₆	7.23336	5.38063	14.89331

実施例8

r ₁ =	19.1761	d ₁ =	1.2000	n _{d1} =	1.78590	ν_{d1} =	44.20
r ₂ =	8.5695 (非球面)	d ₂ =	2.9000				
r ₃ =	∞	d ₃ =	12.5000	n _{d2} =	1.78590	ν_{d2} =	44.20
r ₄ =	∞	d ₄ =	0.3000				
r ₅ =	-46.5888	d ₅ =	0.9000	n _{d3} =	1.58267	ν_{d3} =	46.42
r ₆ =	10.3343	d ₆ =	1.9000	n _{d4} =	1.84666	ν_{d4} =	23.78

$r_7 =$	26.0699	$d_7 =$	(可変)		
$r_8 =$	∞ (絞り)	$d_8 =$	1.0000		
$r_9 =$	6.0465 (非球面)	$d_9 =$	2.5000	$n_{d5} = 1.74320$	$\nu_{d5} = 49.34$
$r_{10} =$	13.0000	$d_{10} =$	0.7000	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$
$r_{11} =$	5.6300	$d_{11} =$	0.8000		
$r_{12} =$	15.1088	$d_{12} =$	1.5000	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_{13} =$	-28.7654	$d_{13} =$	(可変)		
$r_{14} =$	12.4863	$d_{14} =$	1.4000	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{15} =$	17.7361	$d_{15} =$	(可変)		
$r_{16} =$	24.3278 (非球面)	$d_{16} =$	2.1000	$n_{d9} = 1.74320$	$\nu_{d9} = 49.34$
$r_{17} =$	-12.0000	$d_{17} =$	0.8000	$n_{d10} = 1.78472$	$\nu_{d10} = 25.68$
$r_{18} =$	-75.9792	$d_{18} =$	0.6600		
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	1.4400	$n_{d11} = 1.54771$	$\nu_{d11} = 62.84$
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.8000		
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.6000	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	1.3600		
$r_{23} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -4.7160 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -7.1255 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -6.5873 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第9面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.1357 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.1714 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.6484 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第16面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.4451 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.3508 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -6.3819 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00723	9.32846	14.49784
F_{No}	2.8379	3.5413	4.3096
$2\omega (^{\circ})$	32.7	21.5	13.9
d_7	13.98735	7.36539	1.49963
d_{13}	1.39974	9.60703	5.93291
d_{15}	7.26137	5.69110	15.21593

実施例9

$r_1 = 246.0095$	$d_1 = 1.2000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$
$r_2 = 20.1760$ (非球面)	$d_2 = 1.5000$		
$r_3 = \infty$	$d_3 = 12.5000$	$n_{d2} = 1.78590$	$\nu_{d2} = 44.20$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 1.5000$		
$r_5 = -7.3867$	$d_5 = 1.0000$	$n_{d3} = 1.80100$	$\nu_{d3} = 34.97$
$r_6 = -50.0000$	$d_6 = 1.8200$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$
$r_7 = -12.2328$	$d_7 =$ (可変)		
$r_8 = \infty$ (絞り)	$d_8 = 1.0000$		
$r_9 = 10.6609$ (非球面)	$d_9 = 2.3000$	$n_{d5} = 1.80610$	$\nu_{d5} = 40.92$
$r_{10} = -67.8827$	$d_{10} = 0.1500$		

$r_{11} =$	13.1203	$d_{11} =$	2.7000	$n_{d6} =$	1.75700	$\nu_{d6} =$	47.82
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.8000	$n_{d7} =$	1.84666	$\nu_{d7} =$	23.78
$r_{13} =$	6.4827	$d_{13} =$	(可变)				
$r_{14} =$	17.6756	$d_{14} =$	1.6000	$n_{d8} =$	1.48749	$\nu_{d8} =$	70.23
$r_{15} =$	-50.5413	$d_{15} =$	(可变)				
$r_{16} =$	15.9493 (非球面)	$d_{16} =$	1.7000	$n_{d9} =$	1.58313	$\nu_{d9} =$	59.38
$r_{17} =$	-15.0000	$d_{17} =$	0.8000	$n_{d10} =$	1.84666	$\nu_{d10} =$	23.78
$r_{18} =$	-46.4329	$d_{18} =$	0.6600				
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	1.4400	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.8000				
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.6000	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	1.3601				
$r_{23} =$	∞ (像面)						

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.0773 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.3089 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -1.5283 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第9面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.2210 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.3984 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -1.6300 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第16面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.6736 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.3631 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.5357 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.99832	9.32950	14.50084
F _{No}	2.6479	3.3092	4.0475
2ω (°)	32.6	21.4	13.9
d ₇	15.07816	7.55691	1.00023
d ₁₃	1.40041	6.49779	5.90725
d ₁₅	6.09306	8.53155	15.66403

実施例10

r ₁ = 16.8630	d ₁ = 1.1000	n _{d1} = 1.77250	ν _{d1} = 49.60
r ₂ = 8.7727	d ₂ = 3.0000		
r ₃ = ∞	d ₃ = 12.5000	n _{d2} = 1.83481	ν _{d2} = 42.72
r ₄ = ∞	d ₄ = 0.3000		
r ₅ = -43.7867	d ₅ = 0.9000	n _{d3} = 1.58313	ν _{d3} = 59.38
r ₆ = 5.4937 (非球面)	d ₆ = 0.5200		
r ₇ = 7.8835	d ₇ = 1.9000	n _{d4} = 1.80610	ν _{d4} = 40.92
r ₈ = 41.6500	d ₈ = (可変)		
r ₉ = ∞ (絞り)	d ₉ = 1.0000		
r ₁₀ = 5.6352 (非球面)	d ₁₀ = 2.5000	n _{d5} = 1.74320	ν _{d5} = 49.34
r ₁₁ = 10.5000	d ₁₁ = 0.7000	n _{d6} = 1.84666	ν _{d6} = 23.78
r ₁₂ = 5.2717	d ₁₂ = 0.8000		
r ₁₃ = 27.0282	d ₁₃ = 1.5000	n _{d7} = 1.72916	ν _{d7} = 54.68
r ₁₄ = -19.3196	d ₁₄ = (可変)		

$r_{15} =$	17.7925 (非球面)	$d_{15} =$	1.4000	$n_{d8} =$	1.48749	$\nu_{d8} =$	70.23
$r_{16} =$	121.8190	$d_{16} =$	(可変)				
$r_{17} =$	-6.1686	$d_{17} =$	0.8000	$n_{d9} =$	1.84666	$\nu_{d9} =$	23.78
$r_{18} =$	-12.5000	$d_{18} =$	2.1000	$n_{d10} =$	1.74320	$\nu_{d10} =$	49.34
$r_{19} =$	-5.4525 (非球面)	$d_{19} =$	0.6600				
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000				
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3600				
$r_{24} =$	∞ (像面)						
非球面係数							
第6面							
$K = 0$							
$A_4 = -6.5162 \times 10^{-4}$							
$A_6 = -9.3748 \times 10^{-6}$							
$A_8 = 2.0963 \times 10^{-7}$							
$A_{10} = -3.4547 \times 10^{-8}$							
第10面							
$K = 0$							
$A_4 = -2.9965 \times 10^{-4}$							
$A_6 = -3.4364 \times 10^{-9}$							
$A_8 = -4.7103 \times 10^{-7}$							
$A_{10} = 0.0000$							
第15面							
$K = 0$							
$A_4 = -9.8531 \times 10^{-7}$							
$A_6 = 2.0729 \times 10^{-6}$							
$A_8 = -3.4211 \times 10^{-8}$							

$$A_{10} = 0.0000$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.0008 \times 10^{-9}$$

$$A_6 = -1.7464 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.1785 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST88	TE
f (mm)	6.01706	10.39915	17.99747
F _{No}	2.8430	3.7925	4.6965
2 ω (°)	32.6	19.3	11.3
d _s	18.39512	9.82836	1.49931
d ₁₄	1.39990	11.66800	9.86995
d ₁₆	8.11544	6.41342	16.54158

実施例11

r ₁ = 18.1242	d ₁ = 1.1000	n _{d1} = 1.77250 ν_{d1} = 49.60
r ₂ = 11.0917	d ₂ = 3.0000	
r ₃ = ∞	d ₃ = 12.5000	n _{d2} = 1.80610 ν_{d2} = 40.92
r ₄ = ∞	d ₄ = 0.3000	
r ₅ = -189.0024 (非球面)	d ₅ = 0.9000	n _{d3} = 1.80610 ν_{d3} = 40.92
r ₆ = 7.0839 (非球面)	d ₆ = 0.8000	
r ₇ = 8.8339	d ₇ = 1.9000	n _{d4} = 1.76182 ν_{d4} = 26.52
r ₈ = 33.9090	d ₈ = (可変)	
r ₉ = ∞ (絞り)	d ₉ = 1.0000	
r ₁₀ = 6.5543 (非球面)	d ₁₀ = 2.5000	n _{d5} = 1.74320 ν_{d5} = 49.34
r ₁₁ = 16.5000	d ₁₁ = 0.7000	n _{d6} = 1.84666 ν_{d6} = 23.78

$r_{12} =$	6.8813	$d_{12} =$	0.8000		
$r_{13} =$	110.5063	$d_{13} =$	1.5000	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_{14} =$	-13.4784	$d_{14} =$	(可变)		
$r_{15} =$	17.0895	$d_{15} =$	1.4000	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} =$	214.7721	$d_{16} =$	(可变)		
$r_{17} =$	-8.1890	$d_{17} =$	0.8000	$n_{d9} = 1.84666$	$\nu_{d9} = 23.78$
$r_{18} =$	-20.0000	$d_{18} =$	2.1000	$n_{d10} = 1.74320$	$\nu_{d10} = 49.34$
$r_{19} =$	-7.6979 (非球面)	$d_{19} =$	0.6600		
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} = 1.54771$	$\nu_{d11} = 62.84$
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000		
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.6000	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.3601		
$r_{24} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第5面

 $K = 0$ $A_4 = 3.1801 \times 10^{-4}$ $A_6 = -7.4933 \times 10^{-6}$ $A_8 = 1.3268 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$

第6面

 $K = 0$ $A_4 = 1.0755 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.2069 \times 10^{-6}$ $A_8 = -4.2215 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 1.2946 \times 10^{-9}$

第10面

 $K = 0$

$$A_4 = -2.8130 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.1076 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -1.7424 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.5956 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.7107 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 5.6651 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.00227	10.39870	17.99964
F _{No}	2.8302	3.7274	4.5463
2ω (°)	32.7	19.3	11.3
d _s	17.74229	9.38185	1.50012
d ₁₄	1.39992	10.71211	9.41560
d ₁₆	7.69801	6.74827	15.92451

実施例12

r ₁ = 11.6487	d ₁ = 0.7000	n _{d1} = 1.77250	ν _{d1} = 49.60
r ₂ = 4.8810 (非球面)	d ₂ = 1.5500		
r ₃ = ∞	d ₃ = 6.8000	n _{d2} = 1.77250	ν _{d2} = 49.60
r ₄ = ∞	d ₄ = 0.1500		
r ₅ = -170.6138	d ₅ = 0.7000	n _{d3} = 1.77250	ν _{d3} = 49.60
r ₆ = 6.6934	d ₆ = 0.5000		
r ₇ = 6.6793	d ₇ = 1.2500	n _{d4} = 1.84666	ν _{d4} = 23.78
r ₈ = 13.3262	d ₈ = (可変)		

$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	0.0000		
$r_{10} =$	3.9559 (非球面)	$d_{10} =$	1.8000	$n_{d5} = 1.74320$	$\nu_{d5} = 49.34$
$r_{11} =$	9.5000	$d_{11} =$	0.7000	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$
$r_{12} =$	3.5668	$d_{12} =$	0.5000		
$r_{13} =$	7.5793	$d_{13} =$	1.6500	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_{14} =$	-14.4945	$d_{14} =$	(可変)		
$r_{15} =$	9.1093	$d_{15} =$	1.0000	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{16} =$	13.6404	$d_{16} =$	(可変)		
$r_{17} =$	146.0359	$d_{17} =$	0.7000	$n_{d9} = 1.84666$	$\nu_{d9} = 23.78$
$r_{18} =$	9.0000	$d_{18} =$	1.4500	$n_{d10} = 1.74320$	$\nu_{d10} = 49.34$
$r_{19} =$	-22.2698 (非球面)	$d_{19} =$	0.7000		
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	0.6000	$n_{d11} = 1.51633$	$\nu_{d11} = 64.14$
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	1.0000		
$r_{22} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第2面			
$K = 0$			
$A_4 = -7.6360 \times 10^{-5}$			
$A_6 = -3.2706 \times 10^{-5}$			
$A_8 = 4.2217 \times 10^{-7}$			
$A_{10} = 0.0000$			
第10面			
$K = 0$			
$A_4 = -9.5407 \times 10^{-4}$			
$A_6 = -1.7864 \times 10^{-5}$			
$A_8 = -3.9103 \times 10^{-6}$			
$A_{10} = 0.0000$			
第19面			

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.5017 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 5.7463 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -6.4941 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.00001$$

ズームデータ (∞)

	WE-TES	STC	TE
f (mm)	3.25717	5.63806	9.74723
F _{No}	2.5244	3.3633	4.2965
2ω (°)	32.7887	19.4000	11.3
d _s	9.37157	4.85881	0.89899
d ₁₄	1.10006	8.11201	1.30017
d ₁₆	3.67578	1.18818	11.94819

実施例 13

r ₁ = -14.2761 (非球面)	d ₁ = 5.1000	n _{d1} = 1.50913	ν _{d1} = 56.20
r ₂ = ∞ (反射面)	d ₂ = 5.7941	n _{d2} = 1.50913	ν _{d2} = 56.20
r ₃ = ∞	d ₃ = 2.1000		
r ₄ = -6.4892	d ₄ = 0.8000	n _{d3} = 1.64000	ν _{d3} = 60.07
r ₅ = -84.1654	d ₅ = 1.1935	n _{d4} = 1.84666	ν _{d4} = 23.78
r ₆ = -16.8306	d ₆ = (可変)		
r ₇ = ∞ (絞り)	d ₇ = 0.4000		
r ₈ = 34.9225 (非球面)	d ₈ = 1.4006	n _{d5} = 1.74330	ν _{d5} = 49.33
r ₉ = -15.2934	d ₉ = 0.1500		
r ₁₀ = 6.1210	d ₁₀ = 3.3481	n _{d6} = 1.61800	ν _{d6} = 63.33
r ₁₁ = 27.4556	d ₁₁ = 0.8000	n _{d7} = 1.84666	ν _{d7} = 23.78
r ₁₂ = 4.9467	d ₁₂ = (可変)		
r ₁₃ = 13.6380	d ₁₃ = 1.4415	n _{d8} = 1.51633	ν _{d8} = 64.14

$r_{14} = -143.7586$ $d_{14} =$ (可変)
 $r_{15} = -19.5436$ $d_{15} = 1.3641$ $n_{d9} = 1.58913$ $\nu_{d9} = 61.25$
 $r_{16} = -7.1346$ (非球面) $d_{16} = 0.8000$
 $r_{17} = \infty$ $d_{17} = 1.0500$ $n_{d10} = 1.54771$ $\nu_{d10} = 62.84$
 $r_{18} = \infty$ $d_{18} = 0.8000$
 $r_{19} = \infty$ $d_{19} = 0.8000$ $n_{d11} = 1.51633$ $\nu_{d11} = 64.14$
 $r_{20} = \infty$ $d_{20} = 0.9669$
 $r_{21} = \infty$ (像面)

非球面係数

第1面

 $K = 0$
 $A_4 = 3.2165 \times 10^{-4}$
 $A_6 = -9.1756 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 4.1788 \times 10^{-9}$
 $A_{10} = 0.0000$

第8面

 $K = 0$
 $A_4 = -1.2083 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 1.1516 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -2.9381 \times 10^{-8}$
 $A_{10} = 0.0000$

第16面

 $K = 0$
 $A_4 = 1.3137 \times 10^{-3}$
 $A_6 = -2.0878 \times 10^{-5}$
 $A_8 = 4.9397 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 0.0000$
ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.02898	8.69474	14.52092
F_{No}	2.6544	3.5217	4.5079
$2\omega (^{\circ})$	64.0	40.8	24.2
d_6	14.61860	7.39251	1.80000
d_{12}	3.75585	8.20107	4.39975
d_{14}	3.16733	5.96897	15.38987

実施例14

$r_1 =$	-26.8147	$d_1 =$	3.8000	$n_{d1} =$	1.73400	$\nu_{d1} =$	51.47
$r_2 =$	∞ (反射面)	$d_2 =$	3.2000	$n_{d2} =$	1.73400	$\nu_{d2} =$	51.47
$r_3 =$	6.2254	$d_3 =$	1.7202				
$r_4 =$	424.9864 (非球面)	$d_4 =$	2.4297	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78
$r_5 =$	-48.1247	$d_5 =$	(可変)				
$r_6 =$	∞ (絞り)	$d_6 =$	0.5000				
$r_7 =$	17.8731 (非球面)	$d_7 =$	2.0000	$n_{d4} =$	1.58913	$\nu_{d4} =$	61.26
$r_8 =$	-16.6911	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	7.9903	$d_9 =$	6.2379	$n_{d5} =$	1.48749	$\nu_{d5} =$	70.23
$r_{10} =$	-14.7007	$d_{10} =$	0.8488	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78
$r_{11} =$	7.0178	$d_{11} =$	1.1903				
$r_{12} =$	11.2307	$d_{12} =$	1.6307	$n_{d7} =$	1.84666	$\nu_{d7} =$	23.78
$r_{13} =$	-24.5400	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	18.1763	$d_{14} =$	0.5000	$n_{d8} =$	1.84666	$\nu_{d8} =$	23.78
$r_{15} =$	5.9110 (非球面)	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	14.1876	$d_{16} =$	3.0000	$n_{d9} =$	1.58913	$\nu_{d9} =$	61.26
$r_{17} =$	-7.1178 (非球面)	$d_{17} =$	0.5006				
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.8000	$n_{d10} =$	1.51633	$\nu_{d10} =$	64.14
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	1.8000	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84

$r_{20} = \infty$ $d_{20} = 0.5000$
 $r_{21} = \infty$ $d_{21} = 0.5000$ $n_{d12} = 1.51633$ $\nu_{d12} = 64.14$
 $r_{22} = \infty$ $d_{22} = 1.1914$
 $r_{23} = \infty$ (像面)

非球面係数

第4面

$K = 0.0195$
 $A_4 = 5.4111 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 2.1984 \times 10^{-6}$
 $A_8 = 4.5957 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = -1.0754 \times 10^{-8}$

第7面

$K = 5.8821$
 $A_4 = -2.7575 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 5.8194 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -7.9649 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 3.4848 \times 10^{-8}$

第15面

$K = -3.6043$
 $A_4 = 2.6150 \times 10^{-3}$
 $A_6 = -8.5623 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -2.8972 \times 10^{-6}$
 $A_{10} = 1.5174 \times 10^{-7}$

第17面

$K = 0.8882$
 $A_4 = 1.1140 \times 10^{-3}$
 $A_6 = -8.5962 \times 10^{-6}$
 $A_8 = 3.9677 \times 10^{-7}$

$$A_{10} = 3.1086 \times 10^{-8}$$

ズームデータ' (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.59000	8.95000	13.23000
F _{NO}	2.8316	3.8724	4.6438
2 ω (°)	65.5	34.0	23.0
d ₅	12.93741	5.34873	2.00000
d ₈	2.61607	2.85689	0.50000
d ₁₃	1.09671	5.22639	10.38165
d ₁₅	1.00016	4.21405	4.71724

実施例 15

r ₁ = -129.7294	d ₁ = 4.5500	n _{d1} = 1.80400	ν_{d1} = 46.578
r ₂ = ∞ (反射面)	d ₂ = 4.0019	n _{d2} = 1.80400	ν_{d2} = 46.578
r ₃ = 5.3898	d ₃ = 1.6465		
r ₄ = 30.0332 (非球面)	d ₄ = 1.4609	n _{d3} = 1.84666	ν_{d3} = 23.78
r ₅ = -35.8611	d ₅ = (可変)		
r ₆ = ∞ (絞り)	d ₆ = (可変)		
r ₇ = 9.6063 (非球面)	d ₇ = 2.7296	n _{d4} = 1.48749	ν_{d4} = 70.23
r ₈ = -30.8421	d ₈ = 0.1469		
r ₉ = 10.1172	d ₉ = 2.1277	n _{d5} = 1.69680	ν_{d5} = 55.53
r ₁₀ = 97.1974	d ₁₀ = 0.0500		
r ₁₁ = 12.1982	d ₁₁ = 0.7949	n _{d6} = 1.84666	ν_{d6} = 23.78
r ₁₂ = 5.7271	d ₁₂ = (可変)		
r ₁₃ = 14.2960	d ₁₃ = 4.0342	n _{d7} = 1.48749	ν_{d7} = 70.23
r ₁₄ = -15.7323	d ₁₄ = 0.1401		
r ₁₅ = -18.5671	d ₁₅ = 1.1241	n _{d8} = 1.84666	ν_{d8} = 23.78
r ₁₆ = -29.8834	d ₁₆ = (可変)		

$r_{17} = 46.3841$ (非球面) $d_{17} = 1.1752$ $n_{d9} = 1.58913$ $\nu_{d9} = 61.26$

$r_{18} = 541.6142$ $d_{18} = 0.4453$

$r_{19} = \infty$ $d_{19} = 0.8000$ $n_{d10} = 1.51633$ $\nu_{d10} = 64.14$

$r_{20} = \infty$ $d_{20} = 1.8000$ $n_{d11} = 1.54771$ $\nu_{d11} = 62.84$

$r_{21} = \infty$ $d_{21} = 0.5000$

$r_{22} = \infty$ $d_{22} = 0.5000$ $n_{d12} = 1.51633$ $\nu_{d12} = 64.14$

$r_{23} = \infty$ $d_{23} = 1.2588$

$r_{24} = \infty$ (像面) $d_{24} = 0.8883$

非球面係数

第4面

$K = 42.6072$

$A_4 = 4.5281 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.2752 \times 10^{-6}$

$A_8 = 2.9327 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第7面

$K = 0$

$A_4 = -2.9136 \times 10^{-4}$

$A_6 = -7.7511 \times 10^{-7}$

$A_8 = 2.4221 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 0$

第17面

$K = 0$

$A_4 = -8.0585 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.7583 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.1309 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.71141	7.84455	13.21508
F _{No}	2.8000	3.6612	5.0650
2 ω (°)	67.8	41.2	24.8
d ₅	10.20144	4.70557	1.12127
d ₆	7.09024	5.59391	1.24849
d ₁₂	3.08267	9.70509	10.04403
d ₁₆	0.98577	1.28696	8.72623

実施例 16

r ₁ =	22.0799	d ₁ =	0.7823	n _{d1} =	1.80400	ν_{d1} =	46.57
r ₂ =	7.0105	d ₂ =	1.1905				
r ₃ =	∞	d ₃ =	3.8000	n _{d2} =	1.80400	ν_{d2} =	46.57
r ₄ =	∞ (反射面)	d ₄ =	3.4483	n _{d3} =	1.80400	ν_{d3} =	46.57
r ₅ =	∞	d ₅ =	0.4000				
r ₆ =	-43.4610	d ₆ =	0.7742	n _{d4} =	1.77250	ν_{d4} =	49.60
r ₇ =	9.6384	d ₇ =	0.6369				
r ₈ =	19.1908 (非球面)	d ₈ =	1.6810	n _{d5} =	1.84666	ν_{d5} =	23.78
r ₉ =	-40.1274	d ₉ =	(可変)				
r ₁₀ =	∞ (絞り)	d ₁₀ =	0.5000				
r ₁₁ =	85.1662	d ₁₁ =	1.5117	n _{d6} =	1.58913	ν_{d6} =	61.26
r ₁₂ =	-18.3807	d ₁₂ =	(可変)				
r ₁₃ =	5.5347 (非球面)	d ₁₃ =	2.9473	n _{d7} =	1.48749	ν_{d7} =	70.23
r ₁₄ =	-102.8346	d ₁₄ =	0.1500				
r ₁₅ =	68.5128	d ₁₅ =	3.4582	n _{d8} =	1.84666	ν_{d8} =	23.78
r ₁₆ =	5.6774	d ₁₆ =	2.1376				
r ₁₇ =	7.8453	d ₁₇ =	2.3148	n _{d9} =	1.60542	ν_{d9} =	45.99
r ₁₈ =	-12.6010	d ₁₈ =	0.5441				

$r_{19} = -6.0465$ $d_{19} = 0.7255$ $n_{d10} = 1.61800$ $\nu_{d10} = 63.33$
 $r_{20} = -17.9513$ $d_{20} = (\text{可変})$
 $r_{21} = -17.2238$ (非球面) $d_{21} = 1.4117$ $n_{d11} = 1.58913$ $\nu_{d11} = 61.26$
 $r_{22} = -9.8048$ $d_{22} = 0.5599$
 $r_{23} = \infty$ $d_{23} = 0.8000$ $n_{d12} = 1.51633$ $\nu_{d12} = 64.14$
 $r_{24} = \infty$ $d_{24} = 1.8000$ $n_{d13} = 1.54771$ $\nu_{d13} = 62.84$
 $r_{25} = \infty$ $d_{25} = 0.5000$
 $r_{26} = \infty$ $d_{26} = 0.5000$ $n_{d14} = 1.51633$ $\nu_{d14} = 64.14$
 $r_{27} = \infty$ $d_{27} = 1.3641$
 $r_{28} = \infty$ (像面)

非球面係数

第8面
 $K = 1.5876$
 $A_4 = 2.6616 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 3.3939 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -1.0023 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 0$
 第13面
 $K = 0$
 $A_4 = -2.7230 \times 10^{-4}$
 $A_6 = -5.7432 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -3.4301 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 0$
 第21面
 $K = 0$
 $A_4 = -8.9975 \times 10^{-4}$
 $A_6 = -1.8358 \times 10^{-5}$
 $A_8 = 1.4143 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0$

ズームデータ (∞)

WE 1086 ST TE

f (mm)	4.60758	7.85021	13.40785
F_{No}	2.8000	3.4489	4.6187
2ω (°)	65.3177	39.0912	22.9
d_9	14.75212	6.67783	2.00000
d_{12}	0.675003	4.26744	1.54139
d_{20}	1.35767	6.03580	13.51290

実施例 17

$r_1 =$	29.0184	$d_1 =$	0.7437	$n_{d1} =$	1.80400	$\nu_{d1} =$	46.57
$r_2 =$	7.3275	$d_2 =$	1.3049				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	4.0000	$n_{d2} =$	1.80400	$\nu_{d2} =$	46.57
$r_4 =$	∞ (反射面)	$d_4 =$	3.5133	$n_{d3} =$	1.80400	$\nu_{d3} =$	46.57
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	0.3000				
$r_6 =$	-31.2038	$d_6 =$	0.7673	$n_{d4} =$	1.80400	$\nu_{d4} =$	46.57
$r_7 =$	15.2085	$d_7 =$	1.5760				
$r_8 =$	33.1818 (非球面)	$d_8 =$	1.5628	$n_{d5} =$	1.84666	$\nu_{d5} =$	23.78
$r_9 =$	-29.4113	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞ (絞り)	$d_{10} =$	0.5000				
$r_{11} =$	20.3172 (非球面)	$d_{11} =$	1.9876	$n_{d6} =$	1.58913	$\nu_{d6} =$	61.26
$r_{12} =$	-14.3558	$d_{12} =$	0.1387				
$r_{13} =$	7.0863	$d_{13} =$	2.5021	$n_{d7} =$	1.48749	$\nu_{d7} =$	70.23
$r_{14} =$	-521.1337	$d_{14} =$	0.0001				
$r_{15} =$	217.6721	$d_{15} =$	5.9501	$n_{d8} =$	1.84666	$\nu_{d8} =$	23.78
$r_{16} =$	4.5340	$d_{16} =$	(可変)				
$r_{17} =$	10.1062	$d_{17} =$	1.8686	$n_{d9} =$	1.60300	$\nu_{d9} =$	65.44

$r_{18} =$	46.5940	$d_{18} =$	(可変)
$r_{19} =$	-22.5387 (非球面)	$d_{19} =$	2.3721 $n_{d10} = 1.58913$ $\nu_{d10} = 61.26$
$r_{20} =$	-5.8538	$d_{20} =$	0.4297
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000 $n_{d11} = 1.51633$ $\nu_{d11} = 64.14$
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.8000 $n_{d12} = 1.54771$ $\nu_{d12} = 62.84$
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	0.5000
$r_{24} =$	∞	$d_{24} =$	0.5000 $n_{d13} = 1.51633$ $\nu_{d13} = 64.14$
$r_{25} =$	∞	$d_{25} =$	1.3824
$r_{27} =$	∞ (像面)		

非球面係数

第8面

$$K = 1.9221$$

$$A_4 = 1.0674 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.5509 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -6.9692 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.4582 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.2034 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 1.1204 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.8514 \times 10^{-8}$$

$$A_6 = 6.5803 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -9.0686 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.65117	7.85007	13.29161
F _{No}	2.5000	3.4944	4.8337
2 ω (°)	68.4	41.7	24.7
d ₉	13.35295	7.17214	2.00000
d ₁₆	1.22323	4.89168	2.01917
d ₁₈	0.94992	3.89804	12.56077

実施例 18

r ₁ =	15.9959	d ₁ =	2.0000	n _{d1} =	1.84666	ν_{d1} =	23.78
r ₂ =	17.9366 (非球面)	d ₂ =	0.8000				
r ₃ =	122.3665	d ₃ =	1.0000	n _{d2} =	1.72916	ν_{d2} =	54.68
r ₄ =	6.1500	d ₄ =	1.9000				
r ₅ =	∞	d ₅ =	4.1000	n _{d3} =	1.56883	ν_{d3} =	56.36
r ₆ =	∞ (反射面)	d ₆ =	3.9000	n _{d4} =	1.56883	ν_{d4} =	56.36
r ₇ =	∞	d ₇ =	(可変)				
r ₈ =	∞ (絞り)	d ₈ =	0.5928				
r ₉ =	14.1418 (非球面)	d ₉ =	3.0000	n _{d5} =	1.80610	ν_{d5} =	40.92
r ₁₀ =	-138.1914	d ₁₀ =	(可変)				
r ₁₁ =	9.2691	d ₁₁ =	3.2000	n _{d6} =	1.48749	ν_{d6} =	70.23
r ₁₂ =	-18.4588	d ₁₂ =	1.0064	n _{d7} =	1.84666	ν_{d7} =	23.78
r ₁₃ =	7.4386	d ₁₃ =	0.5000				
r ₁₄ =	9.1725	d ₁₄ =	2.4000	n _{d8} =	1.80518	ν_{d8} =	25.42
r ₁₅ =	-16.4170	d ₁₅ =	(可変)				
r ₁₆ =	44.6119	d ₁₆ =	0.8000	n _{d9} =	1.84666	ν_{d9} =	23.78
r ₁₇ =	8.9511 (非球面)	d ₁₇ =	(可変)				
r ₁₈ =	11.2550	d ₁₈ =	2.6000	n _{d10} =	1.58913	ν_{d10} =	61.26

$r_{19} = 673.2282$ (非球面) $d_{19} =$ (可変)
 $r_{20} = \infty$ $d_{20} = 1.5000$ $n_{d11} = 1.51633$ $\nu_{d11} = 64.14$
 $r_{21} = \infty$ $d_{21} = 1.4400$ $n_{d12} = 1.54771$ $\nu_{d12} = 62.84$
 $r_{22} = \infty$ $d_{22} = 0.8000$
 $r_{23} = \infty$ $d_{23} = 0.8000$ $n_{d13} = 1.51633$ $\nu_{d13} = 64.14$
 $r_{24} = \infty$ $d_{24} = 1.0000$
 $r_{25} = \infty$ (像面)

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.1855 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.4923 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 5.1530$$

$$A_4 = -2.4340 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.4872 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 2.0515 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.0188 \times 10^{-8}$$

第17面

$$K = -3.7152$$

$$A_4 = 1.2209 \times 10^{-8}$$

$$A_6 = -1.7576 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 2.5810 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = -1.2193 \times 10^{-7}$$

第19面

$$K = 1.4583$$

$$A_4 = -1.5578 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.1072 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 5.6481 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -8.6742 \times 10^{-9}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.43000	10.61200	15.80000
F_{No}	2.7116	3.7726	4.5293
2ω (°)	63.5	35.7	24.5
d_7	13.12435	4.47821	0.50000
d_{10}	0.81880	1.71785	0.50000
d_{15}	0.60000	2.00387	4.09707
d_{17}	1.40000	8.20925	11.93740
d_{19}	2.71758	2.25155	1.62627

実施例 19

$r_1 = 49.3427$	$d_1 = 2.0000$	$n_{d1} = 1.84666$	$\nu_{d1} = 23.78$
$r_2 = -115.4656$	$d_2 = 0.4000$		
$r_3 = -52.5304$ (非球面)	$d_3 = 1.0000$	$n_{d2} = 1.69350$	$\nu_{d2} = 53.21$
$r_4 = 5.8428$	$d_4 = 1.8000$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 4.0000$	$n_{d3} = 1.56883$	$\nu_{d3} = 56.36$
$r_6 = \infty$ (反射面)	$d_6 = 3.8000$	$n_{d4} = 1.56883$	$\nu_{d4} = 56.36$
$r_7 = \infty$	$d_7 =$ (可変)		
$r_8 = \infty$ (絞り)	$d_8 = 0.6000$		
$r_9 = 8.0295$ (非球面)	$d_9 = 2.8000$	$n_{d5} = 1.69350$	$\nu_{d5} = 53.21$
$r_{10} = -5.9145$	$d_{10} = 0.8000$	$n_{d6} = 1.80440$	$\nu_{d6} = 39.59$
$r_{11} = -12.3640$	$d_{11} =$ (可変)		
$r_{12} = 26.8805$	$d_{12} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.84666$	$\nu_{d7} = 23.78$

$r_{13} =$	7.1849 (非球面)	$d_{13} =$	(可变)		
$r_{14} =$	10.7803	$d_{14} =$	3.1000	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{15} =$	-52.9481	$d_{15} =$	(可变)		
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	1.5000	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	1.4400	$n_{d10} = 1.54771$	$\nu_{d10} = 62.84$
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.8000		
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	0.8000	$n_{d11} = 1.51633$	$\nu_{d11} = 64.14$
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.0000		
$r_{21} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第3面

$K = 0$			
$A_4 = 2.6048 \times 10^{-4}$			
$A_6 = -3.2365 \times 10^{-6}$			
$A_8 = 2.2913 \times 10^{-8}$			
$A_{10} = 0$			

第9面

$K = 0$			
$A_4 = -3.0615 \times 10^{-4}$			
$A_6 = -2.0330 \times 10^{-6}$			
$A_8 = -1.0403 \times 10^{-7}$			
$A_{10} = 0$			

第13面

$K = -3.5241$			
$A_4 = 1.8328 \times 10^{-3}$			
$A_6 = -1.6164 \times 10^{-5}$			
$A_8 = 3.5495 \times 10^{-8}$			
$A_{10} = -1.2410 \times 10^{-7}$			

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.38001	8.50001	13.45001
F _{No}	3.0358	3.8702	4.5606
2ω (°)	65.8	43.8	28.4
d ₇	11.53527	6.15290	0.50000
d ₁₁	2.10162	2.49863	3.68430
d ₁₃	3.96820	9.09478	10.56416
d ₁₅	1.75491	1.61369	4.61155

実施例20

r ₁ =	21.0760	d ₁ =	1.4000	n _{d1} =	1.74320	ν _{d1} =	49.34
r ₂ =	7.9352 (非球面)	d ₂ =	2.8000				
r ₃ =	∞	d ₃ =	6.5000	n _{d2} =	1.56883	ν _{d2} =	56.36
r ₄ =	∞ (反射面)	d ₄ =	6.0000	n _{d3} =	1.56883	ν _{d3} =	56.36
r ₅ =	∞	d ₅ =	0.8000				
r ₆ =	-18.8610	d ₆ =	0.8000	n _{d4} =	1.72916	ν _{d4} =	54.68
r ₇ =	29.7460	d ₇ =	0.5273				
r ₈ =	25.1850	d ₈ =	1.9000	n _{d5} =	1.84666	ν _{d5} =	23.78
r ₉ =	-121.8149	d ₉ =	(可変)				
r ₁₀ =	∞ (絞り)	d ₁₀ =	0.8000				
r ₁₁ =	11.8772 (非球面)	d ₁₁ =	1.9992	n _{d6} =	1.49700	ν _{d6} =	81.54
r ₁₂ =	-22.2117	d ₁₂ =	0.3000				
r ₁₃ =	8.0295	d ₁₃ =	1.9997	n _{d7} =	1.48749	ν _{d7} =	70.23
r ₁₄ =	-16.2855	d ₁₄ =	0.7997	n _{d8} =	1.64769	ν _{d8} =	33.79
r ₁₅ =	-52.6732	d ₁₅ =	0.3000				
r ₁₆ =	7.3242	d ₁₆ =	1.3308	n _{d9} =	1.84666	ν _{d9} =	23.78
r ₁₇ =	4.4772	d ₁₇ =	1.2000				

$r_{18} = 17.2769$ $d_{18} = 1.1317$ $n_{d10} = 1.80610$ $\nu_{d10} = 40.92$
 $r_{19} = 6.2199$ $d_{19} = (\text{可变})$
 $r_{20} = 9.0812$ $d_{20} = 2.0000$ $n_{d11} = 1.61800$ $\nu_{d11} = 63.33$
 $r_{21} = 19.8406$ $d_{21} = (\text{可变})$
 $r_{22} = -34.2139$ (非球面) $d_{22} = 2.0000$ $n_{d12} = 1.58313$ $\nu_{d12} = 59.38$
 $r_{23} = -9.7728$ $d_{23} = 1.0032$
 $r_{24} = \infty$ $d_{24} = 1.4400$ $n_{d13} = 1.54771$ $\nu_{d13} = 62.84$
 $r_{25} = \infty$ $d_{25} = 0.8000$
 $r_{26} = \infty$ $d_{26} = 0.8000$ $n_{d14} = 1.51633$ $\nu_{d14} = 64.14$
 $r_{27} = \infty$ $d_{27} = 1.0003$
 $r_{28} = \infty$ (像面)

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -9.3483 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.4787 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -4.5620 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.6863 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.0879 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 3.8711 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 0$$

第22面

$$K = 0$$

$$A_4 = -4.8081 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.9535 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.6767 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.80000	9.17005	14.49992
FNo	2.6880	3.4974	4.5402
2ω (°)	60.8	40.1	25.4
d ₉	14.10553	7.78994	2.48873
d ₁₉	1.54225	5.16705	2.56297
d ₂₁	2.32790	5.01801	12.92472

実施例 2 1

r ₁ =	16.1825 (非球面)	d ₁ =	1.4000	n _{d1} =	1.80610	ν _{d1} =	40.92
r ₂ =	7.3872	d ₂ =	3.5000				
r ₃ =	∞	d ₃ =	6.5000	n _{d2} =	1.60311	ν _{d2} =	60.64
r ₄ =	∞ (反射面)	d ₄ =	6.0000	n _{d3} =	1.60311	ν _{d3} =	60.64
r ₅ =	∞	d ₅ =	0.7950				
r ₆ =	-27.1461	d ₆ =	0.8000	n _{d4} =	1.72916	ν _{d4} =	54.68
r ₇ =	20.2982	d ₇ =	0.5273				
r ₈ =	17.2255	d ₈ =	1.9000	n _{d5} =	1.84666	ν _{d5} =	23.78
r ₉ =	90.2451	d ₉ =	(可変)				
r ₁₀ =	∞ (絞り)	d ₁₀ =	0.8000				
r ₁₁ =	17.0416 (非球面)	d ₁₁ =	1.9965	n _{d6} =	1.56384	ν _{d6} =	60.67
r ₁₂ =	-13.7245	d ₁₂ =	0.5000				
r ₁₃ =	5.5039	d ₁₃ =	3.7857	n _{d7} =	1.48749	ν _{d7} =	70.23
r ₁₄ =	-38.8943	d ₁₄ =	0.8000	n _{d8} =	1.69895	ν _{d8} =	30.13
r ₁₅ =	4.2611	d ₁₅ =	(可変)				
r ₁₆ =	16.8715	d ₁₆ =	2.0000	n _{d9} =	1.48749	ν _{d9} =	70.23

$r_{17} = 96.4706$ $d_{17} = (\text{可変})$
 $r_{18} = -60.1937$ $d_{18} = 2.0000$ $n_{d10} = 1.56384$ $\nu_{d10} = 60.67$
 $r_{19} = -11.5463$ (非球面) $d_{19} = 1.0039$
 $r_{20} = \infty$ $d_{20} = 1.4400$ $n_{d11} = 1.54771$ $\nu_{d11} = 62.84$
 $r_{21} = \infty$ $d_{21} = 0.8000$
 $r_{22} = \infty$ $d_{22} = 0.8000$ $n_{d12} = 1.51633$ $\nu_{d12} = 64.14$
 $r_{23} = \infty$ $d_{23} = 1.0021$
 $r_{24} = \infty$ (像面)

非球面係数

第1面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.1308 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.3428 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -3.7916 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 7.2819 \times 10^{-11}$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.6960 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.0587 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 5.6885 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -2.0816 \times 10^{-10}$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.9238 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.4179 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 6.7945 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.6439 \times 10^{-8}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.80001	9.17026	14.49938
F _{No}	2.6926	3.5230	4.5194
2ω (°)	61.1	40.1	25.7
d ₉	14.09978	8.00554	2.48873
d ₁₆	2.47558	7.50212	3.24411
d ₁₇	3.07729	4.13993	13.92316

実施例 2 2

r ₁ =	21.2658	d ₁ =	1.0000	n _{d1} =	1.74100	ν _{d1} =	52.64
r ₂ =	8.6245	d ₂ =	3.3711				
r ₃ =	∞	d ₃ =	5.8400	n _{d2} =	1.80400	ν _{d2} =	46.57
r ₄ =	∞ (反射面)	d ₄ =	5.4952	n _{d3} =	1.80400	ν _{d3} =	46.57
r ₅ =	∞	d ₅ =	0.3221				
r ₆ =	300.0000	d ₆ =	1.0000	n _{d4} =	1.74320	ν _{d4} =	49.34
r ₇ =	15.3314 (非球面)	d ₇ =	0.5979				
r ₈ =	15.8974	d ₈ =	1.4903	n _{d5} =	1.84666	ν _{d5} =	23.78
r ₉ =	43.0822	d ₉ =	(可変)				
r ₁₀ =	∞ (絞り)	d ₁₀ =	0.6000				
r ₁₁ =	63.9771	d ₁₁ =	1.3913	n _{d6} =	1.61800	ν _{d6} =	63.33
r ₁₂ =	-23.2380	d ₁₂ =	(可変)				
r ₁₃ =	7.9674 (非球面)	d ₁₃ =	2.3478	n _{d7} =	1.48749	ν _{d7} =	70.23
r ₁₄ =	-68.3182	d ₁₄ =	0.1000				
r ₁₅ =	24.3652	d ₁₅ =	3.3012	n _{d8} =	1.84666	ν _{d8} =	23.78
r ₁₆ =	7.7880	d ₁₆ =	0.2484				
r ₁₇ =	9.2912	d ₁₇ =	2.1349	n _{d9} =	1.72916	ν _{d9} =	54.68
r ₁₈ =	-19.4929	d ₁₈ =	0.7000	n _{d10} =	1.53172	ν _{d10} =	48.84
r ₁₉ =	5.2999	d ₁₉ =	(可変)				

$r_{20} = -22.5496$ (非球面) $d_{20} = 2.5068$ $n_{d11} = 1.58913$ $\nu_{d11} = 61.14$
 $r_{21} = -6.5395$ $d_{21} = 1.0000$
 $r_{22} = \infty$ $d_{22} = 1.5000$ $n_{d12} = 1.51633$ $\nu_{d12} = 64.14$
 $r_{23} = \infty$ $d_{23} = 1.4400$ $n_{d13} = 1.54771$ $\nu_{d13} = 62.84$
 $r_{24} = \infty$ $d_{24} = 0.8000$
 $r_{25} = \infty$ $d_{25} = 0.8000$ $n_{d14} = 1.51633$ $\nu_{d14} = 64.14$
 $r_{26} = \infty$ $d_{26} = 1.0894$
 $r_{27} = \infty$ (像面)

非球面係数

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = -6.9423 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.9216 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -2.3395 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第13面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.1881 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.0288 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 7.6472 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 0$$

第20面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.0095 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.4022 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -1.7165 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.52179	7.96811	15.98093
F _{No}	2.4770	2.9873	4.5000
2ω (°)	64.5739	44.7044	22.7
d ₉	17.73448	10.81643	2.00000
d ₁₂	1.20000	3.80000	3.50000
d ₁₉	2.60300	5.58623	15.86209

実施例 23

r ₁ =	24.8917	d ₁ =	1.0000	n _{d1} =	1.74100	ν _{d1} =	52.64
r ₂ =	8.0792	d ₂ =	2.3760				
r ₃ =	∞	d ₃ =	5.2400	n _{d2} =	1.80400	ν _{d2} =	46.57
r ₄ =	∞ (反射面)	d ₄ =	5.0006	n _{d3} =	1.80400	ν _{d3} =	46.57
r ₅ =	∞	d ₅ =	0.2922				
r ₆ =	300.0000	d ₆ =	1.0000	n _{d4} =	1.74320	ν _{d4} =	49.34
r ₇ =	14.5213 (非球面)	d ₇ =	0.1000				
r ₈ =	14.5896	d ₈ =	1.7517	n _{d5} =	1.84666	ν _{d5} =	23.78
r ₉ =	64.9869	d ₉ =	(可変)				
r ₁₀ =	∞ (絞り)	d ₁₀ =	0.6000				
r ₁₁ =	33.4595	d ₁₁ =	1.8985	n _{d6} =	1.61800	ν _{d6} =	63.33
r ₁₂ =	-11.1499	d ₁₂ =	0.7000	n _{d7} =	1.80518	ν _{d7} =	25.42
r ₁₃ =	-20.0542	d ₁₃ =	(可変)				
r ₁₄ =	10.2987 (非球面)	d ₁₄ =	2.0299	n _{d8} =	1.48749	ν _{d8} =	70.23
r ₁₅ =	18890.0000	d ₁₅ =	0.1000				
r ₁₆ =	19.8062	d ₁₆ =	4.5045	n _{d9} =	1.84666	ν _{d9} =	23.78
r ₁₇ =	9.7836	d ₁₇ =	0.2000				
r ₁₈ =	11.2175	d ₁₈ =	1.7598	n _{d10} =	1.72916	ν _{d10} =	54.68
r ₁₉ =	-51.5183	d ₁₉ =	0.7000	n _{d11} =	1.53172	ν _{d11} =	48.84

$r_{20} = 5.5430$ $d_{20} = (\text{可変})$
 $r_{21} = -23.0137$ (非球面) $d_{21} = 1.9685$ $n_{d12} = 1.58913$ $\nu_{d12} = 61.14$
 $r_{22} = -7.0933$ $d_{22} = 1.0000$
 $r_{23} = \infty$ $d_{23} = 1.5000$ $n_{d13} = 1.51633$ $\nu_{d13} = 64.14$
 $r_{24} = \infty$ $d_{24} = 1.4400$ $n_{d14} = 1.54771$ $\nu_{d14} = 62.84$
 $r_{25} = \infty$ $d_{15} = 0.8000$
 $r_{26} = \infty$ $d_{16} = 0.8000$ $n_{d15} = 1.51633$ $\nu_{d16} = 64.14$
 $r_{27} = \infty$ $d_{17} = 1.0106$
 $r_{28} = \infty$ (像面)

非球面係数

第7面

 $K = 0$
 $A_4 = -8.0580 \times 10^{-5}$
 $A_6 = 7.6927 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -2.7173 \times 10^{-8}$
 $A_{10} = 0$

第14面

 $K = 0$
 $A_4 = -1.1033 \times 10^{-4}$
 $A_6 = -1.4285 \times 10^{-8}$
 $A_8 = -1.8629 \times 10^{-8}$
 $A_{10} = 0$

第21面

 $K = 0$
 $A_4 = -8.5891 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 1.0215 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -3.2143 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 0$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.86879	9.99877	17.39648
F _{No}	2.4340	3.2140	4.5000
2ω (°)	61.4	35.8	21.0
d ₉	17.88781	8.41716	2.00000
d ₁₃	1.20000	6.81663	3.50000
d ₂₀	3.14136	7.01231	16.74709

実施例 2 4

r ₁ =	41.9739	d ₁ =	1.2000	n _{d1} =	1.77250	ν _{d1} =	49.60
r ₂ =	11.1642	d ₂ =	2.9000				
r ₃ =	∞	d ₃ =	6.5000	n _{d2} =	1.78590	ν _{d2} =	44.20
r ₄ =	∞ (反射面)	d ₄ =	6.0000	n _{d3} =	1.78590	ν _{d3} =	44.20
r ₅ =	∞	d ₅ =	0.3971				
r ₆ =	28.0000	d ₆ =	1.2000	n _{d4} =	1.74330	ν _{d4} =	49.33
r ₇ =	11.3578 (非球面)	d ₇ =	0.3457				
r ₈ =	9.4845	d ₈ =	1.7925	n _{d5} =	1.84666	ν _{d5} =	23.78
r ₉ =	14.2959	d ₉ =	(可変)				
r ₁₀ =	∞ (絞り)	d ₁₀ =	1.0000				
r ₁₁ =	47.8757	d ₁₁ =	1.9600	n _{d6} =	1.72916	ν _{d6} =	54.68
r ₁₂ =	-9.0806	d ₁₂ =	0.7000	n _{d7} =	1.72825	ν _{d7} =	28.46
r ₁₃ =	-25.4395	d ₁₃ =	(可変)				
r ₁₄ =	9.1761 (非球面)	d ₁₄ =	1.9500	n _{d8} =	1.74330	ν _{d8} =	49.33
r ₁₅ =	75.3616	d ₁₅ =	0.8461				
r ₁₆ =	24.3002	d ₁₆ =	3.8969	n _{d9} =	1.74330	ν _{d9} =	49.33
r ₁₇ =	∞	d ₁₇ =	1.0000	n _{d10} =	1.72825	ν _{d10} =	28.46
r ₁₈ =	4.8249	d ₁₈ =	(可変)				

$r_{19} = 49.5382$ $d_{19} = 2.7500$ $n_{d11} = 1.69350$ $\nu_{d11} = 53.20$
 $r_{20} = -10.0407$ (非球面) $d_{20} = 0.8269$
 $r_{21} = \infty$ $d_{21} = 1.4400$ $n_{d12} = 1.54771$ $\nu_{d12} = 62.84$
 $r_{22} = \infty$ $d_{22} = 0.8000$
 $r_{23} = \infty$ $d_{23} = 0.8000$ $n_{d13} = 1.51633$ $\nu_{d13} = 64.14$
 $r_{24} = \infty$ $d_{24} = 1.0447$
 $r_{25} = \infty$ (像面)

非球面係数

第7面

 $K = 0$

$$A_4 = 2.2504 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.6875 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.2962 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 2.8718 \times 10^{-9}$$

第14面

 $K = 0$

$$A_4 = -9.8664 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 4.0400 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.4986 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.3851 \times 10^{-8}$$

第20面

 $K = 0$

$$A_4 = 5.3089 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.6198 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 4.4581 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -4.9080 \times 10^{-9}$$

ズームデータ(∞)

WE

ST TE

f (mm)	6.02622	9.31725	14.28897
F _{No}	2.7652	3.4888	4.5271
2 ω (°)	62.4	42.8	28.7
d ₉	14.24100	6.97804	2.00694
d ₁₈	2.10000	6.51339	5.34809
d ₁₈	2.46549	5.31403	11.45279

実施例25

r ₁ = -14.2761 (非球面)	d ₁ = 5.1000	n _{d1} = 1.50913	ν_{d1} = 56.20
r ₂ = ∞ (反射面)	d ₂ = 5.7941	n _{d2} = 1.50913	ν_{d2} = 56.20
r ₃ = ∞	d ₃ = 2.1000		
r ₄ = -6.4892	d ₄ = 0.8000	n _{d3} = 1.64000	ν_{d3} = 60.07
r ₅ = -84.1654	d ₅ = 1.1935	n _{d4} = 1.84666	ν_{d4} = 23.78
r ₆ = -16.8306	d ₆ = (可変)		
r ₇ = ∞ (絞り)	d ₇ = 0.4000		
r ₈ = 34.9225 (非球面)	d ₈ = 1.4006	n _{d5} = 1.74330	ν_{d5} = 49.33
r ₉ = -15.2934	d ₉ = 0.1500		
r ₁₀ = 6.1210	d ₁₀ = 3.3481	n _{d6} = 1.61800	ν_{d6} = 63.33
r ₁₁ = 27.4556	d ₁₁ = 0.8000	n _{d7} = 1.84666	ν_{d7} = 23.78
r ₁₂ = 4.9467	d ₁₂ = (可変)		
r ₁₃ = 13.6380	d ₁₃ = 1.4415	n _{d8} = 1.51633	ν_{d8} = 64.14
r ₁₄ = -143.7586	d ₁₄ = (可変)		
r ₁₅ = -19.5436	d ₁₅ = 1.3641	n _{d9} = 1.58913	ν_{d9} = 61.25
r ₁₆ = -7.1346 (非球面)	d ₁₆ = 0.8000		
r ₁₇ = ∞	d ₁₇ = 1.0500	n _{d10} = 1.54771	ν_{d10} = 62.84
r ₁₈ = ∞	d ₁₈ = 0.8000		
r ₁₉ = ∞	d ₁₉ = 0.8000	n _{d11} = 1.51633	ν_{d11} = 64.14
r ₂₀ = ∞	d ₂₀ = 0.9669		

$r_{21} = \infty$ (像面)

非球面係数

第1面

K = 0

 $A_4 = 3.2165 \times 10^{-4}$
 $A_6 = -9.1756 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 4.1788 \times 10^{-9}$
 $A_{10} = 0.0000$

第8面

K = 0

 $A_4 = -1.2083 \times 10^{-4}$
 $A_6 = 1.1516 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -2.9381 \times 10^{-8}$
 $A_{10} = 0.0000$

第16面

K = 0

 $A_4 = 1.3137 \times 10^{-3}$
 $A_6 = -2.0878 \times 10^{-5}$
 $A_8 = 4.9397 \times 10^{-7}$
 $A_{10} = 0.0000$
ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.02898	8.69474	14.52092
F _{no}	2.6544	3.5217	4.5079
2 ω (°)	64.8	38.2	22.6
d ₆	14.61860	7.39251	1.80000
d ₁₂	3.75585	8.20107	4.39975
d ₁₄	3.16733	5.96897	15.38987

次に、上記各実施例1～13におけるズームタイプa～dの区別と、条件(1)～(31)の値、条件(32)に関するa、 t_{LFF} 及びLの値を示す。

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
ズームタイプ	a	d	c	b	b
(1)	1.38822	1.41072	1.37082	1.45054	1.37212
(2)	1.66024	2.28107	2.01027	1.74028	1.58543
(3)	1.67612	1.52529	1.29028	1.28997	1.18812
(4), (4C)	0.34947	***	***	***	***
(5), (5C), (10), (10C)	-0.48666	***	-1.00064	***	***
(6), (6C), (11), (11C)	27.79	***	33.07	***	***
(7), (7C)	-0.61816	***	***	***	***
(8), (8C), (13), (13C), (18), (18C)	-0.72084	0.25142	0.21762	0.44850	0.53142
(9), (9C), (14), (14C)	***	0.73100	0.73030	0.89173	0.88437
(12), (12C), (17), (17C)	***	-3.12101	-0.79692	-0.31222	-0.47931
(15), (15C)	***	1.35184	***	0.81112	0.73000
(16), (16C)	***	29.43	***	25.56	25.56
(19)	0.40806	0.48761	0.38280	0.40516	0.44149
(20)	0.21992	0.15218	0.10734	0.14176	-0.11046
(21)	0.70097	0.57446	0.67059	0.57052	0.60231
(22)	0.27038	0.27052	0.27044	0.27032	0.27034
(23)	1.41223	1.42456	1.42456	1.39716	1.39716

(24)	1.78590	1.78590	1.78590	1.78590	1.78592
(25)	-0.19814	-0.14934	-0.16882	-0.12548	-0.14612
(26)	0.62425	0.43029	0.50182	0.35540	0.41694
(27)	1.11933	1.10145	1.13322	1.07061	1.13215
(28)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(29)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(30)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(31)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
a	3.5	3.9	3.7	2.9	2.5
t _{LPP}	0.55	0.58	0.52	0.38	0.30
L	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30

	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
ズームタイプ	b	b	b	a	b
(1)	1.36326	1.30842	1.37622	1.49634	1.15970
(2)	1.57780	1.51202	1.57269	1.88643	1.47797
(3)	1.16490	1.13951	1.14667	3.68738	1.41403
(4), (4C)	***	***	***	0.49409	***
(5), (5C),	***	***	***	0.00000	***
(10), (10C)					
(6), (6C),	***	***	***	24.04	***
(11), (11C)					
(7), (7C)	***	***	***	-0.72854	***
(8), (8C),	0.51417	0.56419	0.52960	-0.42385	0.46600
(13), (13C),					
(18), (18C)					
(9), (9C),	0.91188	0.91652	0.93112	***	0.93549
(14), (14C)					

(12), (12C),	-0.24544	-0.31721	-0.31127	***	0.16632
(17), (17C),	0.3100	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000
(15), (15C)	0.66364	0.56154	0.56154	***	0.69524
(16), (16C)	25.56	25.56	25.56	***	25.56
(19)	0.43615	0.40132	0.40923	0.40737	0.54841
(20)	0.10368	0.09281	0.09173	0.26966	0.17155
(21)	0.60543	0.63420	0.63699	0.67986	0.49871
(22)	0.27030	0.27035	0.27038	0.27043	0.27026
(23)	1.39716	1.39716	1.39716	1.36976	1.385301
(24)	1.78590	1.78590	1.78590	1.78590	1.83481
(25)	-0.14430	-0.16362	-0.13904	-0.20851	-0.23197
(26)	0.40879	0.47549	0.39515	0.78065	0.79956
(27)	1.13895	1.18742	1.12882	1.03909	1.49131
(28)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(29)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
(30)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(31)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
a	2.8	2.7	2.6	3.3	3.1
t _{LPP}	0.25	0.25	0.26	0.24	0.25
L	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30

実施例11 実施例12 実施例13

ズームタイプ	b	b	a
(1)	1.12846	1.06460	1.24661
(2)	1.43635	1.43051	1.49969
(3)	1.50110	1.23503	5.68083
(4), (4C)	***	***	0.80815
(5), (5C),	***	***	0.21853

(10), (10C)						
(6), (6C)	***	***	39.55			
(11), (11C)						
(7), (7C)	***	***	0.39089			
(8), (8C)	0.44082	0.56189	0.11923			
(13), (13C)						
(18), (18C)						
(9), (9C)	1.04989	0.90164	***			
(14), (14C)						
(12), (12C)	0.78258	-0.31328	***			
(17), (17C)						
(15), (15C)	0.44242	0.41684	***			
(16), (16C)	25.56	25.56	***			
(19)	0.52310	0.13339	0.30301			
(20)	0.19211	0.07549	0.24793			
(21)	-0.50649	-0.97637	0.95350			
(22)	0.10425	0.11002	0.32739			
(23)	1.40014	1.39808	1.20313			
(24)	1.80610	1.7725	1.50913			
(25)	-0.35720	-0.20746	0.27111			
(26)	1.94314	0.59664	1.26698	*		
(27)	1.53460	1.62493	1.36309			
(28)	1.0	1.0	1.0			
(29)	0.04	0.04	0.04			
(30)	0.0	0.0	0.0			
(31)	1.06	1.06	1.06			
a	2.8	1.85	2.5			
t _{LFF}	0.25	0	1.20			

L 7.30 3.96 6.0

*印: プリズムの入射面に屈折力がある場合の f_{11} は、最も物体側の面からプリズムの射出面までの焦点距離とした。

なお、実施例1～13の数値データにおける光学的ローパスフィルターは複数枚構成であり、さらに赤外カットフィルター等の厚みも含んでいるので、その最大厚みが t_{LPP} の値でなく、上記表中の t_{LPP} の値を用いるものである。

次に、上記実施例14～25における条件(a)～(f)に係わる L 、 d/L 、 D_{FT}/f_T 、 M_3/M_2 、 f_{11}/f_{12} 、 β_{R1} 、 a 、 t_{LPP} の値を示す。

実施例	L	d/L	D_{FT}/f_T	M_3/M_2	f_{11}/f_{12}
14	5.6	0.72088	0.78471	1.19347	-0.12343
15	6.0	0.79009	0.76004	0.53348	-0.32094
16	5.6	0.71748	0.11496	0.93206	0.36284
17	6.0	0.69413	0.15191	0.92989	0.20195
18	6.64	0.76797	0.25931	第3群は負	0
19	6.64	0.74877	0.27393	第3群は負	0
20	6.64	1.19996	0.17676	0.91213	0.37232
21	6.64	1.17430	0.22374	0.93381	0.39484
22	6.64	0.94629	0.21901	0.85382	0.22917
23	6.64	0.85491	0.20119	0.85523	0.05553
24	6.64	0.94867	0.37452	0.73366	0.09671
25	6.0	1.20313	0.30301	0.95350	1.26698

実施例	β_{R1}	a	t_{LPP}
14	-1.6884	3.0	1.80
15	-1.19598	3.0	1.80

16	-1.49396	3.0	1.80
17	-1.26884	3.0	0.80
18	-1.51672	3.0	1.55
19	-1.38530	3.0	1.44
20	-1.26560	3.0	1.44
21	-1.30121	3.0	1.44
22	-1.05735	3.0	1.44
23	-1.14882	3.0	1.44
24	-0.86588	3.0	1.44
25	-1.36309	2.5	1.20

次に、本発明の第6～第10の発明に関するズームレンズの実施例2.6～2.8について、図面を用いて説明する。

実施例2.6の光学構成は、図27に示すように、物体側から順に、ズーム

図27は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの実施例2.6にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図28は実施例2.6にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

実施例2.6の電子撮像装置は、図27に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図27中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。

ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、前側副群と、光路を折り曲げるための反射光学素子R1と、負の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

前側副群は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₁₁で構成されている。後側副群は、物体側から順に、両凸正レンズL₁₂と両凹負レンズL₁₃とを接合してなり全体で負の屈折力を有する接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₁₄とで構成されている。

反射光学素子R₁は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。

第2レンズ群G₂は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₂₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₂₂との接合レンズと、両凸正レンズL₂₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G₃は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₃₁で構成されている。

第4レンズ群G₄は、物体側から順に、両凸正レンズL₄₁と両凹負レンズL₄₂との接合レンズで構成されている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G₁及び第4レンズ群G₄は位置が固定され、第2レンズ群G₂は開口絞りSとともに物体側へのみ移動し、第3レンズ群G₃は第2レンズ群G₂との間隔を一旦広げた後、第2レンズ群G₂との間隔を縮めるようにして物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時に際しては、第3レンズ群G₃が光軸上を移動するようになっている。

なお、第4レンズ群G₄は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G₁中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₁₁の像側の面、第2レンズ群G₂中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₂₁の物体側の面、第4レンズ群G₄中の両凸正レンズL₄₁の物体側の面に設けられている。

実施例26のズームレンズを構成する光学部材の数値データは後記する。

なお、実施例 2-6 の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、…は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、…は各レンズの肉厚または空気間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} 、…は各レンズの d 線での屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} 、…は各レンズのアッペ数、F no. は F ナンバー、f は全系焦点距離、 ω は半画角、D 0 は物体から第 1 面までの距離を表している。また、WE は広角端、ST は中間状態、TE は望遠端を表している。

なお、非球面形状は、光軸方向を z、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を K、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) \div [1 + \{1 - (1 + K) \cdot (y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 \cdot y^4 + A_6 \cdot y^6 + A_8 \cdot y^8 + A_{10} \cdot y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

実施例 2-7 図 29 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの実施例 2-7 にかかる

光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 30 は実施例 2-7 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

実施例 2-7 の電子撮像装置は、図 29 に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子である CCD を有している。図 29 中、I は CCD の撮像面である。ズームレンズと撮像面 I との間には、平面平板状の CCD カバーガラス CG が設けられている。

ズームレンズは、物体側から順に、第 1 レンズ群 G1 と、開口絞り S と、第 2 レンズ群 G2 と、第 3 レンズ群 G3 と、第 4 レンズ群 G4 とを有している。

第 1 レンズ群 G1 は、物体側から順に、前側副群と、光路を折り曲げるための反射光学素子 R1 と、負の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

前側副群は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L1₁ で構成されている。後側副群は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L1₂ と、両凹負レンズ L1₃ と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L1₄

4 とを接合してなり全体で負の屈折力を有する接合レンズとで構成されている。

反射光学素子 R 1 は、光路を 90° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は $3:4$ であり、折り曲げ方向は横方向である。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2₁ と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2₂ との接合レンズと、両凸正レンズ L 2₃ とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3₁ で構成されている。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、両凹負レンズ L 4₁' と両凸正レンズ L 4₂' との接合レンズで構成されている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 及び第 4 レンズ群 G 4 は位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は開口絞り S とともに物体側へのみ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は第 2 レンズ群 G 2 との間隔を一旦広げた後、第 2 レンズ群 G 2 との間隔を縮めるようにして物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時に際しては、第 3 レンズ群 G 3 が光軸上を移動するようになっている。

なお、第 4 レンズ群 G 4 は、合焦動作時においても位置が固定されている。

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁ の像側の面、第 2 レンズ群 G 2 中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2₁ の物体側の面、第 4 レンズ群 G 4 中の両凸正レンズ L 4₂' の像側の面に設けられている。

実施例 2 7 のズームレンズを構成する光学部材の数値データは後記する。

実施例 2 8

図 3 1 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの実施例 2 8 にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ

時における状態を示している。図3-2は実施例2-8にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

実施例2-8の電子撮像装置は、図3-1に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図2-9中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。

ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G-1と、開口絞りSと、第2レンズ群G-2と、第3レンズ群G-3と、第4レンズ群G-4とを有している。

第1レンズ群G-1は、物体側から順に、前側副群と、光路を折り曲げるための反射光学素子R-1と、負の屈折力を有する後側副群とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

前側副群は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₁₁で構成されている。後側副群は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL₁₂と両凹負レンズL₁₃とを接合してなり全体で負の屈折力を有する接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₁₄とで構成されている。

反射光学素子R-1は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。

なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。

第2レンズ群G-2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₂₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₂₂との接合レンズと、両凸正レンズL₂₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G-3は、両凸正レンズL₃₁で構成されている。

第4レンズ群G-4は、物体側から順に、物体側に凹面を有し像側に平面を有する負レンズL₄₁と物体側に平面を有し像側に凸面を有する正レンズL₄₂との接合レンズで構成されている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ

群G 1及び第4 レンズ群G 4は位置が固定され、第2 レンズ群G 2は開口絞りS とともに物体側へのみ移動し、第3 レンズ群G 3は第2 レンズ群G 2 との間隔を一旦広げた後、第2 レンズ群G 2 との間隔を縮めるようにして物体側へのみ移動するようになっている。

また、合焦動作時に際しては、第3 レンズ群G 3が光軸上を移動するようになっている。

なお、第4 レンズ群G 4は、合焦動作時においても位置が固定されている。この非球面は、第1 レンズ群G 1 中の物体側に凸面を向けた負メニスカズレンズL 1 の像側の面、第2 レンズ群G 2 中の物体側に凸面を向けた正メニスカズレンズL 2 の物体側の面、第4 レンズ群G 4 中の物体側に平面を有し像側に凸面を有する正レンズL 4 の像側の面に設けられている。

以下に、実施例2 6～2 8のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

実施例2 6は、本発明のズームレンズの構成要素の一例である。以下に、実施例2 6の光学部材の数値データを示す。

$r_1 = 69.3459$ (非球面) $d_1 = 0.7000$ $n_{d1} = 1.80610$ $\nu_{d1} = 40.92$

$d_2 = 1.7000$ $r_2 = 4.6083$ (非球面) $d_3 = 6.8000$ $n_{d3} = 1.80610$ $\nu_{d3} = 40.92$

$r_3 = \infty$ $d_4 = 0.1500$ $r_4 = \infty$ $d_5 = 2.2000$

$r_5 = 54.8200$ $d_6 = 0.7000$ $n_{d6} = 1.80610$ $\nu_{d6} = 40.92$

$r_6 = -8.5000$ $d_7 = 8.4123$

$r_7 = \infty$ $d_8 = 0.1500$ $r_8 = \infty$ $d_9 = 2.2000$

$r_9 = 54.8200$ $d_{10} = 0.7000$ $n_{d10} = 1.80610$ $\nu_{d10} = 40.92$

$r_{10} = -8.5000$ $d_{11} = 8.4123$

$r_{11} = \infty$ $d_{12} = 0.1500$ $r_{12} = \infty$ $d_{13} = 2.2000$

$r_{13} = 54.8200$ $d_{14} = 0.7000$ $n_{d14} = 1.80610$ $\nu_{d14} = 40.92$

$r_{14} = -8.5000$ $d_{15} = 8.4123$

$r_{15} = \infty$ $d_{16} = 0.1500$ $r_{16} = \infty$ $d_{17} = 2.2000$

$r_{17} = 54.8200$ $d_{18} = 0.7000$ $n_{d18} = 1.80610$ $\nu_{d18} = 40.92$

$r_{18} = -8.5000$ $d_{19} = 8.4123$

$d_7 = 0.3500$
 $r_8 = 8.8098$
 $d_8 = 1.4000$ $n_{d8} = 1.71736$ $\nu_{d8} = 29.52$
 $r_9 = 131.4438$
 $d_9 = D_9$
 $r_{10} = \infty$ (絞り)
 $d_{10} = 0$
 $r_{11} = 3.6905$ (非球面)
 $d_{11} = 1.8000$ $n_{d11} = 1.69350$ $\nu_{d11} = 53.21$
 $r_{12} = 6.9000$
 $d_{12} = 0.7000$ $n_{d12} = 1.84666$ $\nu_{d12} = 23.78$
 $r_{13} = 3.5205$
 $d_{13} = 0.6000$
 $r_{14} = 41.4060$
 $d_{14} = 1.5000$ $n_{d14} = 1.48749$ $\nu_{d14} = 70.23$
 $r_{15} = -7.8730$
 $d_{15} = D_{15}$
 $r_{16} = 7.3983$
 $d_{16} = 1.4000$ $n_{d16} = 1.48749$ $\nu_{d16} = 70.23$
 $r_{17} = 22.6658$
 $d_{17} = D_{17}$
 $r_{18} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)
 $d_{18} = 4.0000$
 $r_{19} = 8.8186$ (非球面)
 $d_{19} = 1.8000$ $n_{d19} = 1.69350$ $\nu_{d19} = 53.21$
 $r_{20} = -6.0000$
 $d_{20} = 0.7000$ $n_{d20} = 1.84666$ $\nu_{d20} = 23.78$
 $r_{21} = 24.3642$

$$d_{21}=0.7000$$

$$r_{22}=\infty$$

$$d_{22}=0.6000 \quad n_{d22}=1.51633 \quad \nu_{d22}=64.14$$

$$r_{23}=\infty$$

$$d_{23}=D_{23}$$

$$r_{24}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{24}=0$$

非球面係数

第2面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-1.3839 \times 10^{-3} \quad A_6=-4.9944 \times 10^{-6}$$

$$A_8=-3.2538 \times 10^{-6} \quad A_{10}=0$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-1.1930 \times 10^{-3} \quad A_6=-2.3404 \times 10^{-5}$$

$$A_8=-8.1742 \times 10^{-6} \quad A_{10}=0$$

第19面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-1.3986 \times 10^{-4} \quad A_6=-1.5479 \times 10^{-4}$$

$$A_8=1.5996 \times 10^{-5} \quad A_{10}=0$$

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	WE	ST	TE
f (mm)	2.50881	4.33366	7.49747
Fno.	2.6859	3.4516	4.5092
ω (°)	39.7	24.8	14.5

D 0	∞	∞	∞
D 9	11.53831	5.32706	0.89925
D 1 5	1.10008	4.40521	1.29951
D 1 7	1.08630	4.00010	11.52593
D 2 3	1.00000	1.00000	1.00000

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (16 cm) とし

	WE	ST	TE
D 0	162.6560	162.6560	162.6560
D 9	11.53831	5.32706	0.89925
D 1 5	1.02955	4.22279	0.81871
D 1 7	1.15683	4.18253	12.00672
D 2 3	1.00000	1.00000	1.00000

実施例 2 7

$$r_1 = 18.1048$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.80610$$

$$\nu_{d1} = 40.92$$

$$r_2 = 5.9446 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.7000$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 6.8000$$

$$n_{d3} = 1.80610$$

$$\nu_{d3} = 40.92$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0.2500$$

$$r_5 = -15.8755$$

$$d_5 = 1.2000$$

$$n_{d5} = 1.77250$$

$$\nu_{d5} = 49.60$$

$$r_6 = -7.9342$$

$$d_6 = 0.2000$$

$$r_7 = -5.4811$$

$d_7 = 0.7000$ $n_{d7} = 1.57099$ $\nu_{d7} = 50.80$
 $r_8 = 6.5000$
 $d_8 = 1.3000$ $n_{d8} = 1.80518$ $\nu_{d8} = 25.42$
 $r_9 = 21.9926$
 $d_9 = D 9.0000$
 $r_{10} = \infty$ (絞り)
 $d_{10} = 0$
 $r_{11} = 3.8249$ (非球面)
 $d_{11} = 1.8000$ $n_{d11} = 1.74320$ $\nu_{d11} = 49.34$
 $r_{12} = 8.7000$
 $d_{12} = 0.7000$ $n_{d12} = 1.84666$ $\nu_{d12} = 23.78$
 $r_{13} = 3.5665$
 $d_{13} = 0.5000$
 $r_{14} = 14.6834$
 $d_{14} = 1.3000$ $n_{d14} = 1.72916$ $\nu_{d14} = 54.68$
 $r_{15} = -14.3114$
 $d_{15} = D 1.0500$
 $r_{16} = 7.2299$
 $d_{16} = 1.0500$ $n_{d16} = 1.48749$ $\nu_{d16} = 70.23$
 $r_{17} = 37.5176$
 $d_{17} = 2.0000$
 $r_{18} = \infty$
 $d_{18} = D 1.8$
 $r_{19} = -39.6012$
 $d_{19} = 0.7000$ $n_{d19} = 1.84666$ $\nu_{d19} = 23.78$
 $r_{20} = 10.0000$
 $d_{20} = 1.2000$ $n_{d20} = 1.74320$ $\nu_{d20} = 49.34$
 $r_{21} = -17.1302$ (非球面)

$$d_{21}=0.7000$$

$$r_{22}=\infty$$

$$d_{22}=0.6000$$

$$n_{d22}=1.51633$$

$$D_{d22}=64.14$$

$$r_{23}=\infty$$

$$d_{23}=D_{23}$$

$$r_{24}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{24}=0$$

非球面係数

第2面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-2.5409 \times 10^{-4} \quad A_6=-1.8273 \times 10^{-5}$$

$$A_8=-3.9239 \times 10^{-7} \quad A_{10}=0$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-1.0303 \times 10^{-3} \quad A_6=-2.5041 \times 10^{-5}$$

$$A_8=-5.4268 \times 10^{-6} \quad A_{10}=0$$

第21面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=7.1492 \times 10^{-4} \quad A_6=3.4398 \times 10^{-4}$$

$$A_8=-3.5902 \times 10^{-5} \quad A_{10}=0$$

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	WE	ST	TE
f (mm)	3.25250	5.64370	9.74816
Fno.	2.7058	3.4789	4.5017
ω (°)	32.6	19.5	11.3

D 0	∞	∞	∞
D 9	9.75120	4.59700	0.89810
D 1 5	1.09986	3.92831	1.29837
D 1 8	2.66550	4.99975	11.32016
D 2 3	1.00000	1.00000	1.00000

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (16 cm) とき

	WE	ST	TE
D 0	162.6560	162.6560	162.6560
D 9	9.75120	4.59700	0.89810
D 1 5	1.01401	3.70564	0.72133
D 1 8	2.75134	5.22242	11.89720
D 2 3	1.00000	1.00000	1.00000

実施例 2 8

$$r_1 = 10.9287$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.80610$$

$$\nu_{d1} = 40.92$$

$$r_2 = 4.8122 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.5500$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 6.8000$$

$$n_{d3} = 1.80610$$

$$\nu_{d3} = 40.92$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0.1500$$

$$r_5 = -79.5466$$

$$d_5 = 1.3000$$

$$n_{d5} = 1.75520$$

$$\nu_{d5} = 27.51$$

$$r_6 = -6.5000$$

$$d_6 = 0.7000$$

$$n_{d6} = 1.80610$$

$$\nu_{d6} = 40.92$$

$$r_7 = 8.2436$$

$d_7 = 0.5000$
 $r_8 = 7.4880$
 $d_8 = 1.3000$ $n_{d8} = 1.84666$ $\nu_{d8} = 23.78$
 $r_9 = 13.0280$
 $d_9 = D9$
 $r_{10} = \infty$ (絞り)
 $d_{10} = 0$
 $r_{11} = 3.7669$ (非球面)
 $d_{11} = 1.8000$ $n_{d11} = 1.74320$ $\nu_{d11} = 49.34$
 $r_{12} = 8.0000$
 $d_{12} = 0.7000$ $n_{d12} = 1.84666$ $\nu_{d12} = 23.78$
 $r_{13} = 3.3737$
 $d_{13} = 0.5000$
 $r_{14} = 8.4174$
 $d_{14} = 1.5000$ $n_{d14} = 1.72916$ $\nu_{d14} = 54.68$
 $r_{15} = -28.9216$
 $d_{15} = D15$
 $r_{16} = 7.6784$
 $d_{16} = 1.0500$ $n_{d16} = 1.48749$ $\nu_{d16} = 70.23$
 $r_{17} = -1722.3948$
 $d_{17} = D17$
 $r_{18} = -12.1628$
 $d_{18} = 0.7000$ $n_{d18} = 1.84666$ $\nu_{d18} = 23.78$
 $r_{19} = \infty$
 $d_{19} = 1.6000$ $n_{d19} = 1.74320$ $\nu_{d19} = 49.34$
 $r_{20} = -11.2101$ (非球面)
 $d_{20} = 0.7000$
 $r_{21} = \infty$

$$d_{21}=0.6000$$

$$n_{d21}=1.51633$$

$$\nu_{d21}=64.14$$

$$r_{22}=\infty$$

$$d_{22}=D_{22}$$

$$r_{23}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{23}=0$$

非球面係数

第2面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-3.2755 \times 10^{-5} \quad A_6=-3.4477 \times 10^{-5}$$

$$A_8=9.7425 \times 10^{-8}$$

$$A_{10}=0$$

第11面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=-1.0080 \times 10^{-3} \quad A_6=-1.8736 \times 10^{-5}$$

$$A_8=-6.2191 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}=0$$

第20面

$$K=0$$

$$A_2=0$$

$$A_4=4.2956 \times 10^{-4} \quad A_6=5.2969 \times 10^{-4}$$

$$A_8=-5.4664 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	WE	ST	TE
f (mm)	3.25606	5.64124	9.74748
Fno.	2.7505	3.5079	4.5204
ω (°)	32.6	19.5	11.3
D0	∞	∞	∞
D9	9.41588	4.43316	0.89783

D 1 5	1.10006	3.71349	1.29897
D 1 7	4.24487	6.62213	12.56406
D 2 2	1.00000	1.00000	1.00000

D 0 (物体から第1面までの距離)が近距離 (16 cm) とき

	WE	ST	TE
D 0	162.6560	162.6560	162.6560
D 9	9.41588	4.43316	0.89783
D 1 5	1.02958	3.53180	0.80556
D 1 7	4.31535	6.80382	13.05747
D 2 2	1.00000	1.00000	1.00000

次に、上記実施例2.6～2.8におけるLの値、条件(4.1)～(5.3)、(2.8)～(3.1)に関する値、aの値を次の表に示す。

	実施例2.6	実施例2.7	実施例2.8
L	3.96	3.96	3.96
β_{R1}	-1.44704	-1.71738	-1.85432
R_{21R} / R_{21F}	0.95394	0.93244	0.89562
L / R_{21C}	0.57391	0.45517	0.49500
$\nu_{21F} - \nu_{21R}$	29.43	25.56	25.56
$L / f D$	0.09555	0.05099	0.01058
$\nu_{4F} - \nu_{4R}$	29.43	25.56	25.56
$(R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R})$	1.14237	1.97764	2.57351
f_{11} / f_{12}	0.08793	0.62729	0.72786
$(R_{12R} / R_{13F})^P$	0.95488	0.69082	1.10091
$\nu_{A2N} - \nu_{A2P}$	11.4	25.38	13.41

$Q \cdot L / R_{A2c}$	0.46588	0.60923	0.60923
f_T / f_W	2.98846	2.99713	2.99364
τ_{600} / τ_{550}	1.0	1.0	1.0
τ_{700} / τ_{550}	0.04	0.04	0.04
τ_{400} / τ_{550}	0.0	0.0	0.0
τ_{440} / τ_{550}	1.06	1.06	1.06
$a \text{ (}\mu\text{m)}$	2.0	2.0	2.0

なお、本発明の実施例 26～28 では、いずれも、折り曲げ方向を上述のように電子撮像素子 (CCD) の長辺方向 (水平方向) としている。短辺方向 (垂直方向) へ折り曲がるようにしたほうが、折り曲げのためのスペースが少なく済み小型化には有利であるが、長辺方向への折り曲げに対応できるようにしておけば、長辺、短辺のいずれへの折り曲げにも対応でき、レンズを組み込むカメラデザイン自由度が増して好ましい。

また、上記各実施例では、ローパスフィルタは組み込んでいないが、ローパスフィルタを挿入して構成してもよい。

次に、本発明に基づく光路折り曲げズーム光学系の沈胴方式の例について説明する。図 33 は、具体的に図 23 の光路折り曲げズーム光学系 (実施例 22) に適用した例であり、図 33 (b) は実施例 22 の光路折り曲げズーム光学系が広角端にある状態 (図 23 (c)) の光路折り曲げ光軸を含む断面図であり、この状態において、第 1-2 群 G1-2 と第 2 群 G2 の間の空間に、第 2 群 G2 の 2 枚のレンズと第 1-1 群 G1-1 の光路折り曲げプリズム P を退避させ、空いた空間に第 1-1 群 G1-1 の光路折り曲げプリズム P より前の負メニスカスレンズ L1 を沈胴させて、この光路折り曲げズーム光学系に入射する光軸方向 (カメラの奥行き方向) の厚さを薄くしている。なお、第 2 群 G2 より像面 I 側に空間がある場合には、光路折り曲げプリズム P と第 1-2 群 G1-2 だけでなく、第 2 群 G2 等を含めて像面 I 側に退避させるようにしてもよい。

図 34 は、光路折り曲げ用の反射光学素子をミラー M で構成した場合の 1 つの

沈胴方式の概念図であり、ミラーMを破線の位置に倒し、かつ、そのミラーMよりも像面I側のレンズL2、L3も破線の位置に倒して、この光路折り曲げズーム光学系に入射する光軸方向（カメラの奥行き方向）の厚さを薄くするようにしている。

図3.5は、光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーMで構成した場合の別の沈胴方式の概念図であり、ミラーMを破線の位置に倒し、空いた空間にそのミラーMよりも物体側のレンズ群LGを沈胴させて、同様に厚さを薄くしている。なお、ミラーMを倒すのではなく、図3.3のように、折り曲げ後の光軸に沿って退避させるようにしてもよい。

図3.6は、光路折り曲げ用の反射光学素子を液体プリズムあるいは変形可能なプリズムLPで構成し（図3.6（a））、収納時に液体を抜く等して図3.6（b）のようにつぶして薄くすることもでき、その空いた空間にプリズムLPよりも物体側のレンズ群を沈胴させるなり（図3.5）、他のレンズを倒すなり（図3.4）して同様に厚さを薄くすることもできる。

また、本発明に基づく光路折り曲げズーム光学系において、光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成することもできる。形状可変ミラーは、変形可能なフィルムに反射ミラーコーティングを施した反射ミラーであり、折り畳みあるいは巻き取りによって退避させることが可能である。

また、光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合に、形状可変ミラーを変形させて合焦させるようにすることも可能である。図3.7にその概念図を示す。近距離の物体に対する合焦は、無限遠合焦時に平面の形状可変ミラーDMの反射面を図示の矢印で示したように凹面に変えることにより、形状可変ミラーDMの面形状のみの変更で行っている。近距離合焦の際に、形状可変ミラーDMの面形状を反射面の有効面内で非球面形状とする。特に、反射面にパワーを持たせた場合、回転対称な反射面形状であると、その反射面に偏心して入射することによる偏心収差が発生する。そのため、形状可変ミラーDMの面形状を回転非対称な曲面とすることが望ましい。

また、偏心により軸外において回転非対称な歪曲収差等が発生する。偏心によ

り発生する面対称な偏心収差を補正するために、形状可変ミラーDMの面形状を、図38に示すように、形状可変ミラーDMの反射面に入射し反射する光軸を含む平面を唯一の対称面とした面対称な曲面に変形することが望ましい。

図37の構成の場合、形状可変ミラーDMは無限遠合焦時に平面であるが、近距離物点への合焦時には、図38に示すように、対称面を1面のみとする回転非対称非球面に変形することで、近距離合焦時における偏心収差を補正することができる。このような構成により、電子撮像装置全体の小型化と性能の維持が達成される。

図39は、形状可変ミラーDMの反射面を矢印方向にチルトすることにより手ブレ補正を行った例である。図37の状態では手ブレを起こしていない場合であり、図39は形状可変ミラーDMの反射面をチルトする手ブレ補正機能が働いた状態である。撮影方向に対して撮像装置が図39のように下を向いた際には、図39に示すように、形状可変ミラーDMの反射面の傾きを破線から実線位置へ変えることで、入射光軸が傾かないようになっている。その際に収差の変動を抑えるように、形状可変ミラーDMの面形状全体も変更することが望ましい。

なお、本発明に基づく光路折り曲げ用の反射光学素子の反射面にパワーを持たせ、その面形状を自由曲面等で構成してもよい。あるいは、反射光学素子の反射面をホログフィック光学素子(HOE)で構成してもよい。

また、その反射光学素子を実施例1～28のように光路折り曲げプリズムPで構成する場合に、その光路折り曲げプリズムPの前後に配置されるレンズとプリズムPを接合するように構成してもよい。

ところで、本発明に基づく光路折り曲げズーム光学系を用いてデジタルカメラのような電子撮像装置を構成する場合に、光路折り曲げズーム光学系とCCDのような電子撮像素子との間に、光路分割素子を配置して撮影光路をファインダー光路に分割するようにしてもよい。その例を図40に示す。図40は、デジタルカメラ40の正面図であり、この場合の光路折り曲げズーム光学系は90°光路を折り曲げる反射光学素子M1とその像面側に配置されているレンズ群LAとからなり、像面に撮像素子のCCD49が配置されている。そして、レンズ群LA

とCCD49の間にハーフミラーのような光路分割素子M2が配置されており、反射光学素子M1での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側（図では上側）に光路が分割される。もちろん、光路分割素子M2はファインダー光路に光束を導くときのみ挿入される反射面であってもよい。光路分割素子M2で反射された光路は、別の反射面M3により、光路分割素子M2での反射前後の光軸を含む平面内で90°折り曲げられ、さらに第4の反射面M4により90°折り曲げられ、光軸が反射光学素子M1に入射する光軸と略平行に射出するようになっている。図40では、接眼光学系は図示されていないが、第4の反射面M4の射出側あるいはその反射面M4を含んだ前後に接眼光学系が配置され、第4の反射面M4の射出側に位置する観察者の眼球によって被写体の観察像が観察される。

ここで、電子撮像素子の有効撮像面の対角長Lと画素間隔aについて説明しておく。図41は、電子撮像素子の画素配列の1例を示す図であり、画素間隔aでR（赤）、G（緑）、B（青）の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン（緑）の4色の画素（図44）がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生（パソコン上での表示、プリンターによる印刷等）に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能（光学系の性能が確保し得るイメージサークル）に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長Lは、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明のズームレンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長Lが変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長Lは、Lのとり得る範囲における最大値とする。

以上の各実施例において、最終レンズ群の像側には、近赤外カットフィルター又は近赤外カットコート面を入射面側に施した光学的ローパスフィルターLFを有している。この近赤外カットフィルター、近赤外カットコート面は、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が1.0%以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような27層の層構成からなる

多層膜である。ただし、設計波長は780 nmである。

基板 材質 物理的膜厚 (nm) $\lambda/4$

第1層	Al_2O_3	58.96	0.50
第2層	TiO_2	84.19	1.00
第3層	SiO_2	134.14	1.00
第4層	TiO_2	84.19	1.00
第5層	SiO_2	134.14	1.00
第6層	TiO_2	84.19	1.00
第7層	SiO_2	134.14	1.00
第8層	TiO_2	84.19	1.00
第9層	SiO_2	134.14	1.00
第10層	TiO_2	84.19	1.00
第11層	SiO_2	134.14	1.00
第12層	TiO_2	84.19	1.00
第13層	SiO_2	134.14	1.00
第14層	TiO_2	84.19	1.00
第15層	SiO_2	178.41	1.33
第16層	TiO_2	101.03	1.21
第17層	SiO_2	167.67	1.25
第18層	TiO_2	96.82	1.15
第19層	SiO_2	147.55	1.05
第20層	TiO_2	84.19	1.00
第21層	SiO_2	160.97	1.20
第22層	TiO_2	84.19	1.00
第23層	SiO_2	154.26	1.15
第24層	TiO_2	95.13	1.13
第25層	SiO_2	160.97	1.20

第26層	TiO ₂	99.34	1.18
第27層	SiO ₂	87.19	0.65

空 気

上記の近赤外シャープカットコート透過率特性は図42に示す通りである。

また、ローパスフィルターLFの射出面側には、図43に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

上記各実施例では、図43に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nm

mにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

また、ローパスフィルターLFは、像面上投影時の方位角度が水平($=0^\circ$)と $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用しており、それぞれについて、水平に $a\ \mu\text{m}$ 、 $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、SQRTは前記のようにスクエアルートであり平方根を意味する。

また、CCDの撮像面I上には、図4-4に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

補色モザイクフィルターは、具体的には、図4-4に示すように少なくとも4種類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、

イエローの色フィルターYは波長 Y_p に分光強度のピークを有し、

シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、

マゼンダの色フィルターMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満足する。

$$510\text{ nm} < G_p < 540\text{ nm}$$

$$5\text{ nm} < Y_p - G_p < 35\text{ nm}$$

$$-100\text{ nm} < C_p - G_p < -5\text{ nm}$$

$$430\text{ nm} < M_{p1} < 480\text{ nm}$$

$$580\text{ nm} < M_{p2} < 640\text{ nm}$$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530 nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィ

ルターはその分光強度のピークに対して波長530nmでは1.0%から5.0%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図45に示す。グリーンの色フィルターGは525nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルターYは555nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは510nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは445nmと620nmにピークを有している。また、530nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは9.9%、Yは9.5%、Cは9.7%、Mは3.8%としている。

このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電氣的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

$$Y = |G + M + Y + C| \times 1/4$$

色信号

$$R = Y = |4(M + Y) - (G + C)|$$

$$B = Y = |4(M + C) - (G + Y)|$$

の信号処理を経てR（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターLFの枚数も前記した通り2枚でも1枚でも構わない。3枚でも構わない。

また、各実施例の明るさ絞りの部分についての詳細を図46示す。ただし、この図は4群構成の場合であり、第1群G1における光路折り曲げプリズムPは省いて図示してある。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。ターレット10には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の空間からなる開口1A（波長550nmに対する透過率は10.0%）と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口

面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長 550 nm に対する透過率は 99%）からなる開口 1 B と、開口 1 B と同じ面積の円形開口部を有し、−2 段、−3 段、−4 段に補正するため、各々波長 550 nm に対する透過率が 5.0 %、2.5 %、1.3 % の ND フィルターが設けられた開口部 1 C、1 D、1 E とを有している。

そして、ターレット 10 の回転軸 11 の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

また、実効 F ナンバー $F_{no.}$ が $F_{no.} > a/0.4 \mu m$ となるとときに、開口内に波長 550 nm に対する透過率が 80% 未満の ND フィルターが配される構成としている。具体的には、実施例 1 では、望遠端の実効 F 値が上記式を満たすのは、絞り開放時（0 段）に対して −2 段とした実行 F 値が 9.0 となるときであり、そのときに対応する開口は 1 C となる。それにより、絞りの回折現象による像の劣化を抑えている。

また、図 4 6 に示すターレット 10 に代えて、図 4 7 (a) に示すターレット 10' を用いた例を示す。撮像光学系の第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 との間の光軸上の明るさ絞り位置に、0 段、−1 段、−2 段、−3 段、−4 段の明るさ調節を可能とするターレット 10' を配置している。ターレット 10' には、0 段の調整をする開口形状が直径約 4 mm の円形で固定の開口 1 A' と、−1 段補正するために開口 1 A' の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の開口 1 B' と、さらに開口面積が順に小さくなり、−2 段、−3 段、−4 段に補正するための形状が固定の開口部 1 C'、1 D'、1 E' とを有している。そして、ターレット 10' の回転軸 11 の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

また、これら複数の開口の中の 1 A' から 1 D' にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配している。そして、図 4 7 (b) に示すように、開口径が小さくなる程光学フィルターの空間周波数特性を高く設定しており、それにより絞り込むことによる回折現象による像の劣化を抑えている。なお、図 4 7 (b) の各曲線は、ローパスフィルターのみの空間周波数特性を示すも

のであり、各絞りの回折も含めた特性は何れも等しくなるように設定しているものである。

さて、以上のような本発明の電子撮像装置は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

図4-8～図5-0は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系4-1に組み込んだ構成の概念図を示す。図4-8はデジタルカメラ4-0の外観を示す前方斜視図、図4-9は同後方斜視図、図5-0はデジタルカメラ4-0の構成を示す断面図である。デジタルカメラ4-0は、この例の場合、撮影用光路4-2を有する撮影光学系4-1、ファインダー用光路4-4を有するファインダー光学系4-3、シャッター4-5、フラッシュ4-6、液晶表示モニター4-7等を含み、カメラ4-0の上部に配置されたシャッター4-5を押圧すると、それに連動して撮影光学系4-1、例えば実施例1の光路折り曲げズームレンズを通して撮影が行われる。撮影光学系4-1によって形成された物体像が、近赤外カットフィルターと光学的ローパスフィルターLFを介してCCD4-9の撮像面上に形成される。このCCD4-9で受光された物体像は、処理手段5-1を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター4-7に表示される。また、この処理手段5-1には記録手段5-2が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段5-2は処理手段5-1と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD4-9に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

さらに、ファインダー用光路4-4上にはファインダー用対物光学系5-3が配置してある。このファインダー用対物光学系5-3によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム5-5の視野枠5-7上に形成される。このポロプリズム5-5の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系5-9が

配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。

なお、図50の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンが図51～図53に示される。図51はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図52はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図53は図51の状態の側面図である。図51～図53に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってよい。

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による例えば実施例1の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、

鏡枠 113 中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

撮像素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、パソコン 300 の処理手段に入力され、電子画像としてモニター 302 に表示される。図 51 には、その一例として、操作者の撮影された画像 305 が示されている。また、この画像 305 は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

次に、本発明の結像光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図 54 に示される。図 54 (a) は携帯電話 400 の正面図、図 54 (b) は側面図、図 54 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 54 (a) ~ (c) に示されるように、携帯電話 400 は、操作者の声を情報として入力するマイク部 401 と、通話相手の声を出力するスピーカ部 402 と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル 403 と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター 404 と、撮影光学系 405 と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ 406 と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段 (図示せず) とを有している。ここで、モニター 404 は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系 405 は、撮影光路 407 上に配置された本発明による例えば実施例 1 の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ 112 と、物体像を受光する撮像素子チップ 162 とを有している。これらは、携帯電話 400 に内蔵されている。

ここで、撮像素子チップ 162 上には光学的ローパスフィルター LF が付加的に貼り付けられて撮像ユニット 160 として一体に形成され、対物レンズ 112 の鏡枠 113 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 112 と撮像素子チップ 162 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠 113 の先端 (図示略) には、対物レンズ 112 を保護するためのカバーガラス 114 が配置されている。なお、鏡枠 113 中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

撮像素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、図示して

いない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能の処理手段には含まれている。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明により、極力物体側にミラー等の反射光学素子を挿入して光学系、特にズームレンズ系の光路(光軸)を折り曲げる構成とし、諸々の工夫を入れることにより、高ズーム比、広画角、小さいF値、少ない収差、高い光学仕様性能を確保しながらも、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間(レンズのせり出し時間)がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラとすることが可能となる。

また、本発明により、沈胴厚が薄く、収納性に優れ、かつ、高倍率でリアフォーカスにおいても結像性能の優れたズームレンズを得ることができ、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることが可能となる。

請求の範囲

〔1〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

〔2〕 前記移動レンズ群B中の前記負レンズは、物体側に隣接する前記正レンズと接合されていることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

〔3〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

〔4〕 前記移動レンズ群B中の前記負レンズは、物体側に隣接する前記正レンズ又は像側に隣接する前記正レンズと接合されていることを特徴とする請求項3記載のズームレンズ。

〔5〕 前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して第3のレンズ群Cを有することを特徴とする請求項1又は3記載のズームレンズ。

〔6〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

〔7〕 前記第3のレンズ群Cの前記負レンズは、物体側に隣接する前記正

レンズと接合されていることを特徴とする請求項6記載のズームレンズ。

〔8〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、

前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

〔9〕 前記移動レンズ群B中の前記負レンズは、物体側に隣接する前記正レンズ又は像側に隣接する前記正レンズと接合されていることを特徴とする請求項8記載のズームレンズ。

〔10〕 前記変倍時又は合焦動作時において移動するレンズ群は、ズームレンズ全体で前記移動レンズ群Bを含めて2つのレンズ群のみであることを特徴とする請求項1、3、6、8の何れか1項記載のズームレンズ。

〔11〕 前記第3のレンズ群Cは合焦動作時に移動することを特徴とする請求項5記載のズームレンズ。

〔12〕 前記第3のレンズ群Cは合焦動作時に移動することを特徴とする請求項6又は8記載のズームレンズ。

〔13〕 前記第3のレンズ群Cは正の屈折力を有することを特徴とする請求項5記載のズームレンズ。

〔14〕 前記第3のレンズ群Cは正の屈折力を有することを特徴とする請求項6又は8記載のズームレンズ。

〔15〕 前記第3のレンズ群Cよりも像側に非球面を有する第4のレンズ群Dを有することを特徴とする請求項5記載のズームレンズ。

〔16〕 前記第3のレンズ群Cよりも像側に非球面を有する第4のレンズ群Dを有することを特徴とする請求項6又は8記載のズームレンズ。

〔17〕 前記第4のレンズ群Dは、前記変倍時及び合焦動作時には固定されていることを特徴とする請求項15記載のズームレンズ。

〔18〕 前記第4のレンズ群Dは、前記変倍時及び合焦動作時には固定されていることを特徴とする請求項16記載のズームレンズ。

〔19〕 前記変倍時固定レンズ群Aは光路を折り曲げる反射光学素子を有することを特徴とする請求項1、3、6、8の何れか1項記載のズームレンズ。

〔20〕 前記変倍時固定レンズ群Aは光路を折り曲げるプリズムを有することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

〔21〕 前記プリズムの透過面の中少なくとも一面が曲率を有することを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

〔22〕 前記プリズムは最も物体側に配置されていることを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

〔23〕 前記プリズムは入射面が物体側に凹面を向いていることを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

〔24〕 前記プリズムは入射面が非球面であることを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

〔25〕 前記プリズムの射出面が平面であることを特徴とする請求項20記載のズームレンズ。

〔26〕 前記変倍時固定レンズ群Aは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有する物体側副群A1、前記反射光学素子、正レンズを含む像側副群A2とからなることを特徴とする請求項19記載のズームレンズ。

〔27〕 前記変倍時固定レンズ群Aは、物体側に凹面を向けた透過面を有する光路を折り曲げるプリズムA1と、少なくとも正レンズを含む副群A2とからなることを特徴とする請求項19記載のズームレンズ。

〔28〕 以下の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする請求項1、3、6、8の何れか1項記載のズームレンズ。

$$(1) \quad 0.9 < -f_A / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 2.0$$

$$(2) \quad 1.0 < f_B / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 3.0$$

ただし、 f_A 、 f_B はそれぞれレンズ群A、Bの焦点距離、 f_w 、 f_T はそれぞれズームレンズ全系の広角端、望遠端の焦点距離である。

〔29〕 以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項24記載のズームレンズ。

$$(3) \quad 0.9 < \log \gamma_B / \log \gamma < 1.0$$

ただし、 γ 、 γ_B はそれぞれ

$$\gamma = f_T / f_w$$

γ_B = 望遠端におけるレンズ群Bの倍率 / 広角端におけるレンズ群Bの倍率とする。

〔30〕 変倍又は合焦動作時に移動する全てのレンズ群に対して物体側に光路を折り曲げる反射のための反射光学素子を配したことを特徴とする請求項1、3、6、8の何れか1項記載のズームレンズ。

〔31〕 前記変倍時固定のレンズ群Aが、ズームレンズ中で最も物体側に位置することを特徴とする請求項1、3、6、8の何れか1項記載のズームレンズ。

〔32〕 前記変倍時固定レンズ群Aは、物体側から順に、物体側副群A1と、前記反射光学素子と、像側副群A2とからなることを特徴とする請求項19記載のズームレンズ。

〔33〕 請求項31記載のズームレンズとその像側に配された電子撮像素子とを有し、以下の条件式(23)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(23) \quad 0.8 < d/L < 2.0$$

ただし、 d は変倍時固定のレンズ群Aにおける反射光学素子の反射面の直前の屈折力を持つ屈折面から反射面の直後の屈折力を持つ屈折面までの空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

〔34〕 前記反射光学素子が以下の条件(24)を満足するプリズムにて構成されていることを特徴とする請求項19記載のズームレンズ。

$$(24) \quad 1.5 < n_{pr1}$$

ただし、 $n_{p,r1}$ はプリズムのd線に対する媒質の屈折率である。

〔3 5〕 前記変倍時固定レンズ群Aにおける像側副群A 2が、物体側より順に、負レンズ、正レンズの2枚のレンズからなることを特徴とする請求項3 2記載のズームレンズ。

〔3 6〕 請求項3 1記載のズームレンズとその像側に配された電子撮像装置を有し、前記ズームレンズが以下の条件式(2 5)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(25) \quad 0.5 < L/f_{12} < 0.9$$

ただし、Lは電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 f_{12} は変倍時固定レンズ群Aの像側副群A 2の焦点距離である。

〔3 7〕 前記変倍時固定レンズ群の物体側副群A 1が、物体側に凸面を向けた負レンズ1枚のみからなることを特徴とする請求項3 2記載のズームレンズ。

〔3 8〕 以下の条件式(2 6)を満足することを特徴とする請求項3 7記載のズームレンズ。

$$(26) \quad 0 < f_{11}/f_{12} < 1.6$$

ただし、 f_{11} 、 f_{12} はそれぞれ変倍時固定レンズ群Aの物体側副群A 1、像側副群A 2の焦点距離である。

〔3 9〕 前記第3のレンズ群Cが1枚の単レンズからなることを特徴とする請求項5記載のズームレンズ。

〔4 0〕 前記第3のレンズ群Cは広角端よりも望遠端で像側に移動することを特徴とする請求項5記載のズームレンズ。

〔4 1〕 以下の条件式(2 7)を満足することを特徴とする請求項4 0記載のズームレンズ。

$$(27) \quad 0.8 < -\beta_{R1} < 2.1$$

ただし、 β_{R1} は無有限遠物点合焦時の望遠端における移動レンズ群B以降の合成倍率である。

〔4 2〕 請求項1、3、6、8の何れか1項記載のズームレンズと、その

像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置。

〔4 3〕 広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

〔4 4〕 最も物体側のレンズから前記変倍時に可動な全ての群の中最も物体側の面の直前までの部分系の合成焦点距離が負である請求項4 3記載の電子撮像装置。

〔4 5〕 物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

〔4 6〕 物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するような光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

〔4 7〕 前記第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動することを特徴とする請求項4 5又は4 6記載の電子撮像装置。

〔4 8〕 沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記反射光学素子よりも物体側にある負レンズ群を収納することを特徴とする請求項4 5又は4 6記載の電子撮像装置。

〔4 9〕 物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有し、沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その

空間に前記第1レンズ群を収納する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

〔50〕 前記第1レンズ群の収納時、前記第2レンズ群が撮影時の最も像面から離れた位置よりも像側に退避することを特徴とする請求項4・9記載の電子撮像装置。

〔51〕 前記反射光学素子を薄板に反射ミラーコーティングを施した反射ミラーで構成し、前記収納時、前記反射ミラーを反射面が折り曲げ前の光軸と垂直な方向にチルトすることを特徴とする請求項4・8又は4・9記載の電子撮像装置。

〔52〕 前記反射光学素子が像面方向に退避することを特徴とする請求項50記載の電子撮像装置。

〔53〕 反射光学素子を含む撮影光学系と電子撮像素子との間に、前記反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側にも光路を分割する第2の反射面を設け、その反射側に沿って前記第2の反射面の法線に対し略直角である法線を有し、かつ、前記第2の反射面の光軸を含む入射平面と略同一の入射平面を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路が前記撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたことを特徴とする電子撮像装置。

〔54〕 前記反射光学素子の反射面の直前の屈折面から反射面の直後の屈折面までの光軸上の空気換算長 d が以下の条件（a）を満足することを特徴とする請求項4・5又は4・6記載の電子撮像装置。

（a） $0.5 \leq d/L \leq 1.6$
ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

〔55〕 前記反射面により光路を折り曲げる方向の画角が $2.5^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合は以下の条件（a-1）を満足し、前記画角が $1.9^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合は以下の条件（a-2）を満足することを特徴とする請求項54記載の電子撮像装置。

（a-1） $0.8 \leq d/L \leq 1.4$ 又は
（a-2） $0.5 \leq d/L \leq 1.0$

(a-2) $0.5 < d/L < 1.0$

〔56〕 前記反射光学素子を、平面部を有するプリズムの平面部に平坦レンズが接合された接合プリズムで構成したことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔57〕 最も物体側に正レンズを配したことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔58〕 前記ズーム光学系の最も像面側に非球面を有する単レンズにて構成した最終群を有することを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔59〕 前記最終群は固定であることを特徴とする請求項58記載の電子撮像装置。

〔60〕 前記ズーム光学系の最も像面側に最終群を配し、前記最終群を除く前記第2群以降の群でフォーカシングを行うことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔61〕 前記ズーム光学系の最も像面側に最終群を配し、前記最終群から物体側に2番目の群でフォーカシングを行うことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔62〕 前記最終群から物体側に2番目の群と3番目の群の望遠端での無限遠物点合焦時の光軸上空気間隔 D_{FT} が以下の条件式を満足することを特徴とする請求項61記載の電子撮像装置。

(b) $0.1 < D_{FT}/f_T < 1.5$
ただし、 f_T は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

〔63〕 無限遠合焦時に広角端から望遠端に変倍する際の前記第2群、前記第3群のそれぞれの移動量 M_2 、 M_3 の比が以下の条件(c)を満足することを特徴とする請求項47記載の電子撮像装置。

(c) $0.5 < M_3/M_2 < 2.0$

〔64〕 前記第1-2群を含みそれよりも物体側の群全体は変倍時、フォーカシング時共に固定であることを特徴とする請求項45又は46記載の電子撮

像装置。

〔6 5〕 前記第 1-2 群は、物体側から順に、負レンズ、正レンズの 2 枚若しくは正レンズ 1 枚から構成したことを特徴とする請求項 4 5、4 6、4 7 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

〔6 6〕 前記第 1-1 群における光路を折り曲げるための前記反射光学素子より物体側の負レンズ群は、物体側に凸の負レンズ 1 枚のみであることを特徴とする請求項 4 5 記載の電子撮像装置。

〔6 7〕 前記第 1-1 群と前記第 1-2 群のパワー比が以下の条件 (d) を満足することを特徴とする請求項 4 5 又は 4 6 記載の電子撮像装置。

$$(d) \quad -0.8 < f_{11}/f_{12} < 0.9$$

ただし、 f_{11} は第 1-1 群の焦点距離、 f_{12} は第 1-2 群の焦点距離である。

〔6 8〕 前記第 2 群又は前記第 3 群の何れか一方が単レンズであることを特徴とする請求項 4 7 記載の電子撮像装置。

〔6 9〕 前記第 2 群又は前記第 3 群の何れか一方が単レンズで構成され、他方の群が少なくとも凹レンズを含むことを特徴とする請求項 4 7 記載の電子撮像装置。

〔7 0〕 前記第 2 群と前記第 3 群は変倍時に相対的間隔を変えながら同一方向に移動することを特徴とする請求項 4 7 記載の電子撮像装置。

〔7 1〕 望遠端において以下の条件 (e) を満足することを特徴とする請求項 4 7 記載の電子撮像装置。

$$(e) \quad 0.7 < -\beta_{R1} < 2.1$$

ただし、 β_{R1} は第 2 群以降の望遠端における合成倍率（無限遠物点）である。

〔7 2〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に、600 nm での透過率が 80% 以上、700 nm での透過率が 10% 以下の近赤外シャープカットコートを用いたフィルターを配したことを特徴とする請求項 4 3、4 5、4 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

〔7 3〕 前記電子撮像素子が補色モザイクフィルターを有することを特徴とする請求項 7 2 記載の電子撮像装置。

〔74〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に総厚 t_{LPP} (mm) が以下の条件 (f) を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$(f) \quad 0.15a < t_{LPP} < 0.45a$$

ただし、 a は電子撮像素子の水平画素ピッチ (単位 μm) であり、 a は $5 \mu m$ 以下である。

〔75〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に総厚 t_{LPP} (mm) が以下の条件 (f') を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$(f') \quad 0.13a < t_{LPP} < 0.42a$$

ただし、 a は電子撮像素子の水平画素ピッチ (単位 μm) であり、 a は $4 \mu m$ 以下である。

〔76〕 開口形状が固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入可能であり、かつ、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節を行うことを特徴とする請求項43、45、46の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔77〕 前記複数の開口の中、一部の開口内に $550 nm$ に対する透過率が 80% 未満である媒体を有すると共に、他の一部の開口の波長 $550 nm$ に対する透過率を 80% 以上としたことを特徴とする請求項76記載の電子撮像装置。

〔78〕 ズーム光学系の焦点距離と入射瞳の直径から求まる F ナンバーを F_{no} 、前記開口における波長 $550 nm$ における透過率を T としたときの F_{no} / \sqrt{T} を実効 F_{no}' とし、前記電子撮像素子の水平画素ピッチを a とするとき、 $F_{no}' > a (\mu m) / 0.4 \mu m$ となるような実効 F ナンバーに相当する光量になるように調節する場合は、開口内に $550 nm$ に対する透過率 T が 80% 未満の媒体を備えた開口を前記ズーム光学系の光路に挿入するようにしたことを特徴とする請求項76記載の電子撮像装置。

〔79〕 前記複数の開口の中の複数のそれぞれ空間周波数特性の異なる光

学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする請求項7、6記載の電子撮像装置。

〔8.0〕前記収納時に少なくとも反射光学素子以外の1枚のレンズをチルト移動させることで撮影時よりも薄く収納することを特徴とする請求項4、3記載の電子撮像装置。

〔8.1〕前記反射光学素子をプリズムにて構成し、前記プリズムの外殻を透明な固体で形成し、内部を液体で充填し、前記ズーム光学系の沈胴時に前記液体を抜くことにより薄く変形させることを特徴とする請求項4、3、4.5、4.6、4.8の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔8.2〕前記第4の反射面により反射された光束を観察者眼球に導くフレッツインダクター光路としたことを特徴とする請求項5、3記載の電子撮像装置。

〔8.3〕前記反射光学素子を移動させることで撮影方向を変更可能としたことを特徴とする請求項4.3、4.5、4.6、4.8、5.3の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔8.4〕広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に近づく入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

〔8.5〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子が前記光路折り曲げズーム光学系の最も物体側に配置されていることを特徴とする請求項8.4記載の電子撮像装置。

〔8.6〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子は入射面が物体側に凹む面を向いていることを特徴とする請求項8.4又は8.5記載の電子撮像装置。

〔8.7〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子は入射面が非球面であることを特徴とする請求項8.6記載の電子撮像装置。

〔8.8〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子は射出面が平面であることを特徴とする請求項8.7記載の電子撮像装置。

〔89〕 前記の広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとからなり、少なくとも1つの正レンズと負レンズが互いに接合されていることを特徴とする請求項84から87の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔90〕 前記の広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズとからなり、前記負レンズが少なくとも一方の正レンズと互いに接合されていることを特徴とする請求項84から88の何れか1項記載の電子撮像装置。

〔91〕 物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、

正の屈折力を有し、広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、

前記変倍の際に前記第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、非球面を有する第4レンズ群とを有し、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との2つのレンズ群が、合わせて1つ以上の接合レンズ成分を含む合計3つ以下のレンズ成分で構成され、

次の条件式(41)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.00 < -\beta_{r1} < 2.6 \quad (41)$$

ただし、 β_{r1} は第2レンズ群以降の無限遠物点合焦時の望遠端における合成倍率である。

〔92〕 物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、

正の屈折力を有し、広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、

前記変倍の際に前記第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、

非球面を有する第4レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズを有する前側副群と、前記光路を折り曲げるための反射光学素子と、負の屈折力を有する

る後側副群とで構成され、次の条件式(47)、(48)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.5 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 5.0 \quad \dots(47)$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 1.2 \quad \dots(48)$$

ただし、 R_{11F} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{11R} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 f_{11} は第1レンズ群の前側副群の焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の後側副群の焦点距離である。

〔9 3〕、前記第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズを有する前側副群と、前記光路を折り曲げるための反射光学素子と、負の屈折力を有する後側副群とで構成され、次の条件式(47)、(48)を満足する請求項

4 3 記載のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置。

$$0.5 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 5.0 \quad \dots(47)$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 1.2 \quad \dots(48)$$

ただし、 R_{11F} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{11R} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 f_{11} は第1レンズ群の前側副群の焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の後側副群の焦点距離である。

〔9 4〕、前記前側副群が1枚の非球面を有する負レンズで構成され、前記後側副群が屈折力の符号が異なる2つのレンズ成分で構成され、次の条件式(49)を満足する請求項9 2又は9 3記載のズームレンズと、

その像側に配置された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置。

$$0.4 < (R_{12R} / R_{13F})^P < 1.6 \quad \dots(49)$$

ただし、 R_{12R} は第1レンズ群の後側副群の2つのレンズ成分間に形成される空気レンズの物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{13F} は第1レンズ群の後側副群の2つのレンズ成分間に形成される空気レンズの像側面の光軸上での曲率半径であり、 P は2つのレンズ成分の物体側からの順番が、負レンズ成分、正レンズ成

分の順で配される場合は $P = 1$ とし、正レンズ成分、負レンズ成分の順で配される場合は $P = -1$ とする。

〔9.5〕 前記第1レンズ群が物体側に凹面を向けた透過面を有する光路を折り曲げるプリズムA1と、少なくとも正レンズを含む副群A2とからなることを特徴とする請求項9.1記載のズームレンズ。

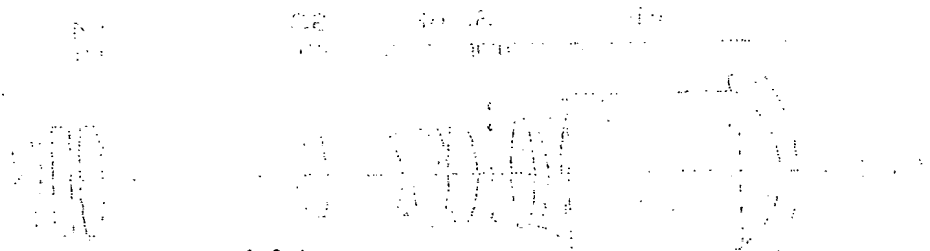
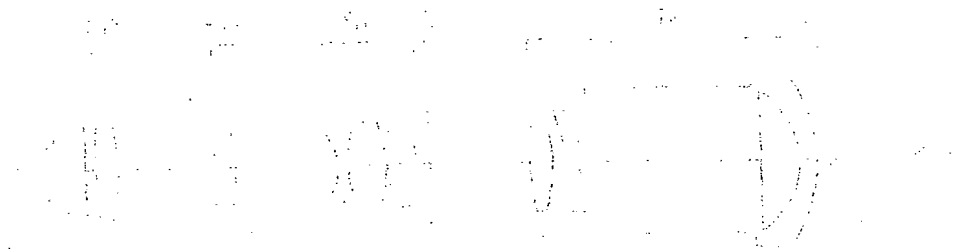
〔9.6〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

〔9.7〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

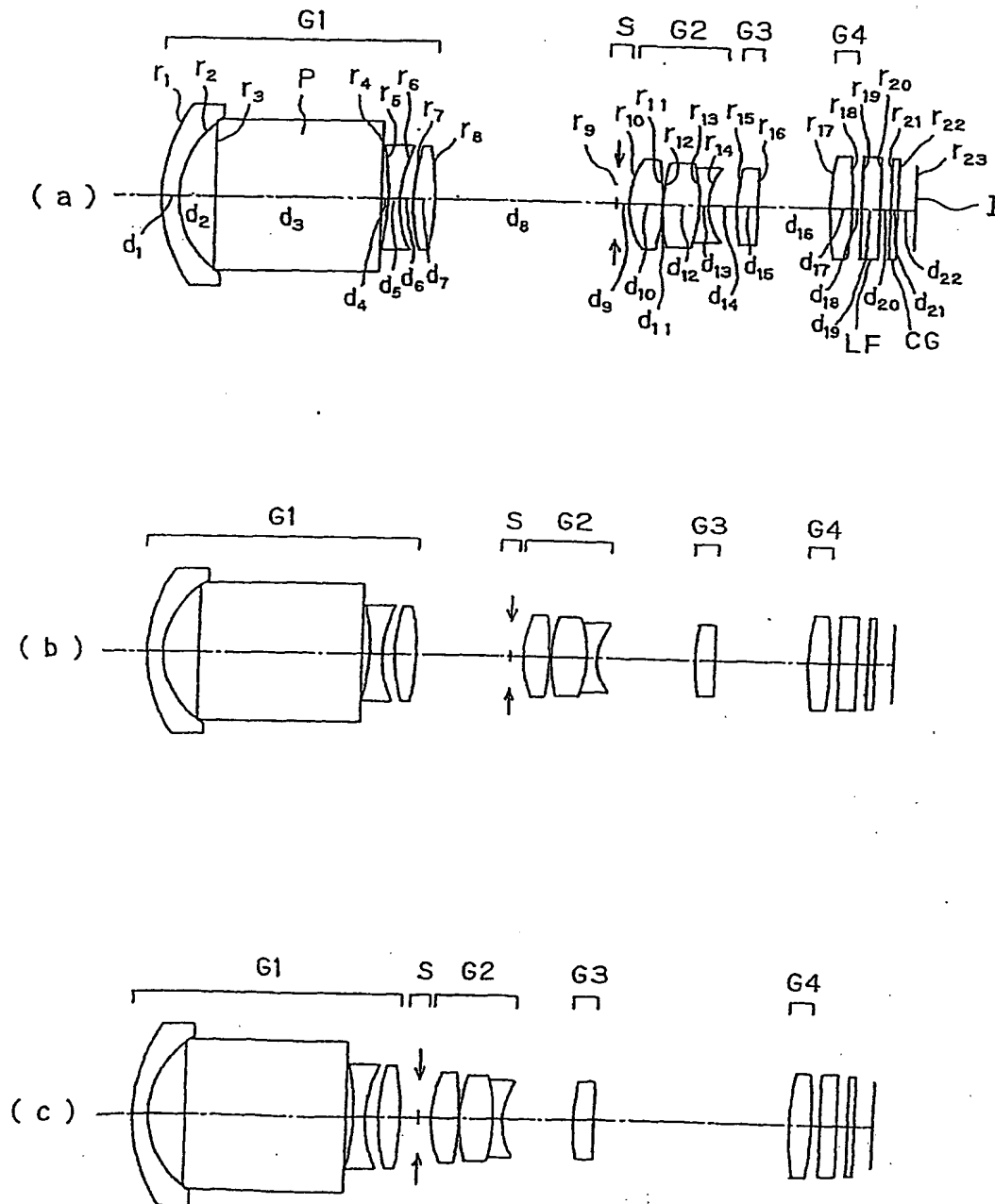
〔9.8〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。

〔9.9〕 正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズ

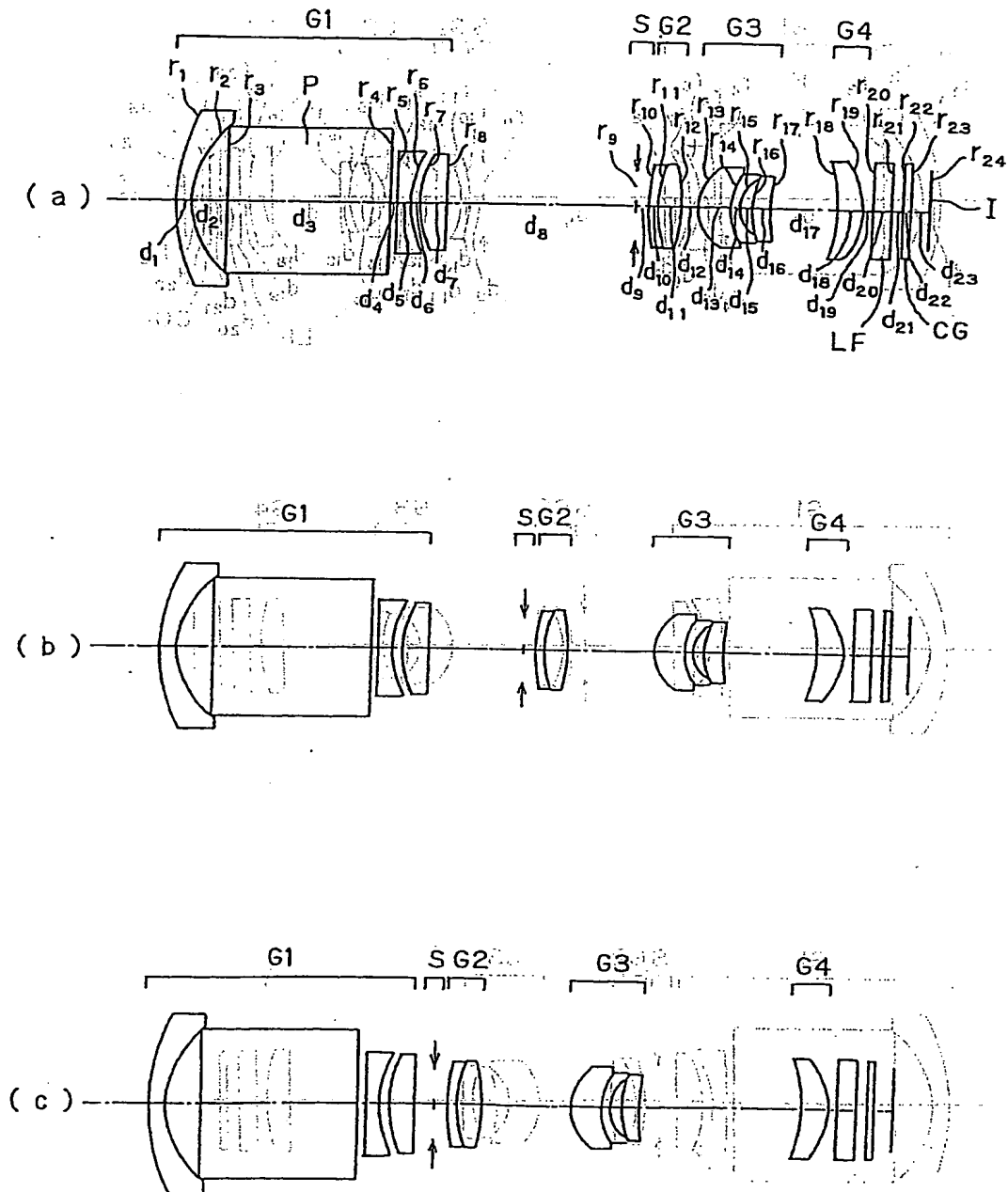
の3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズ。



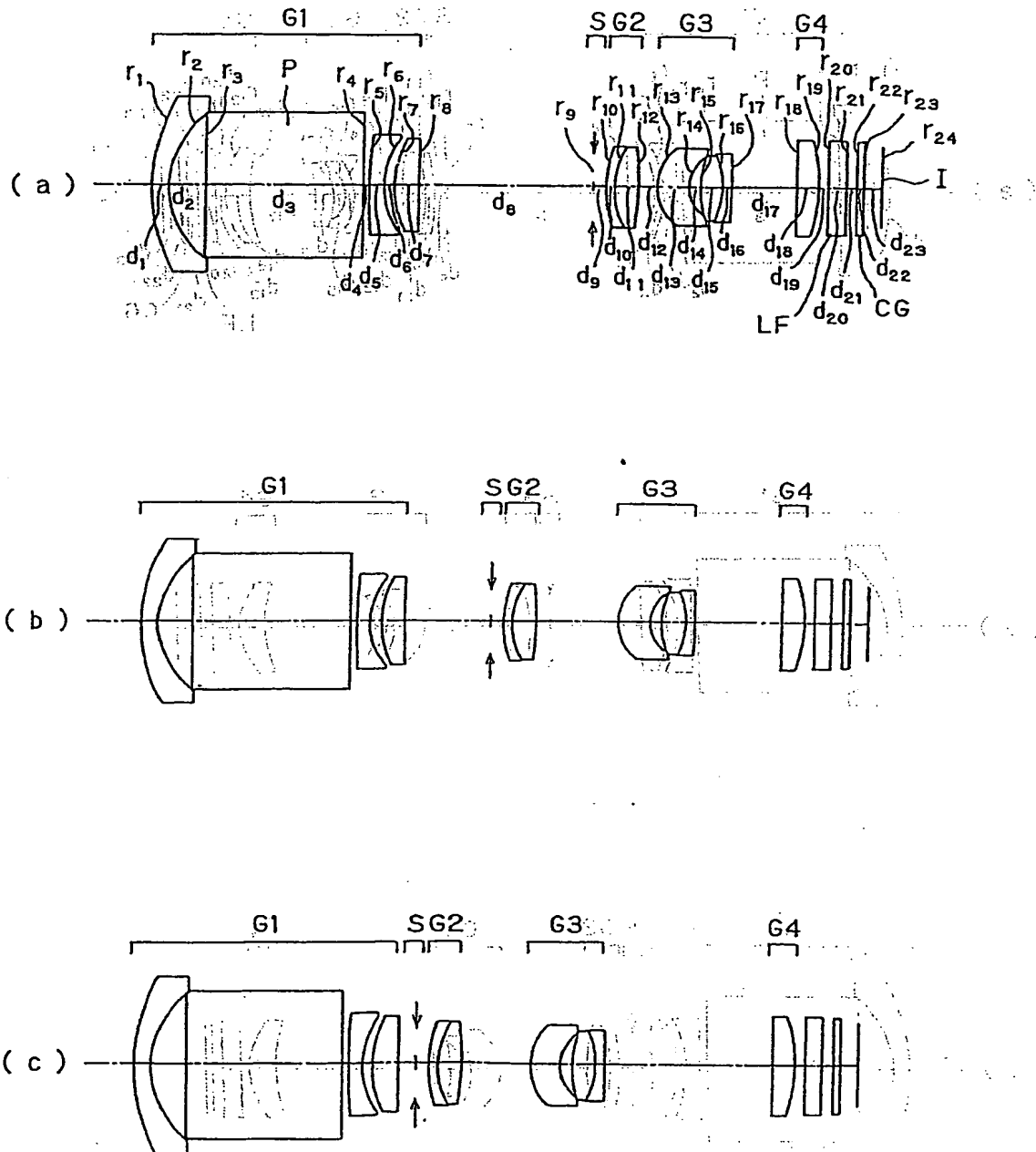
第 1 図



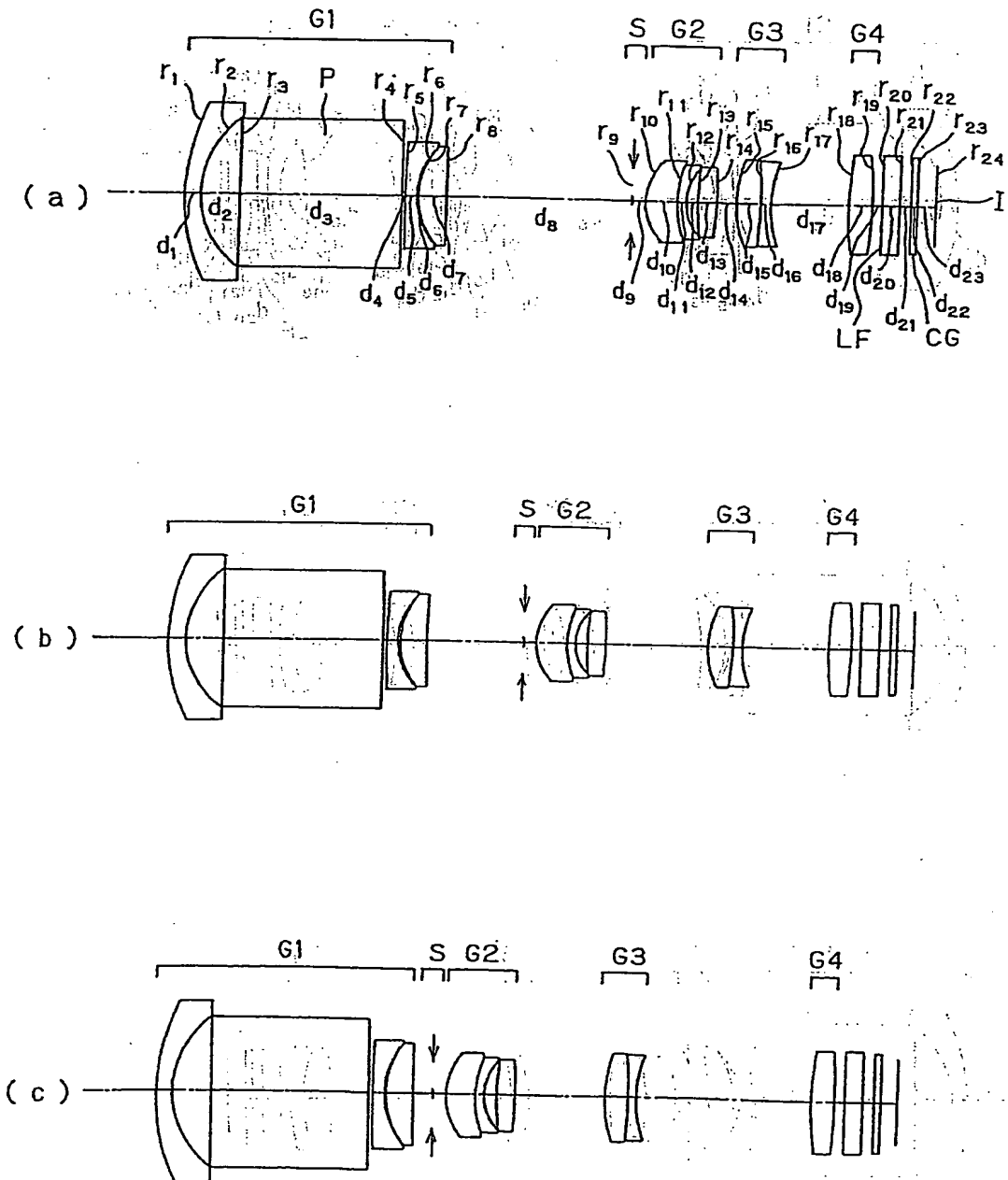
第 2 図



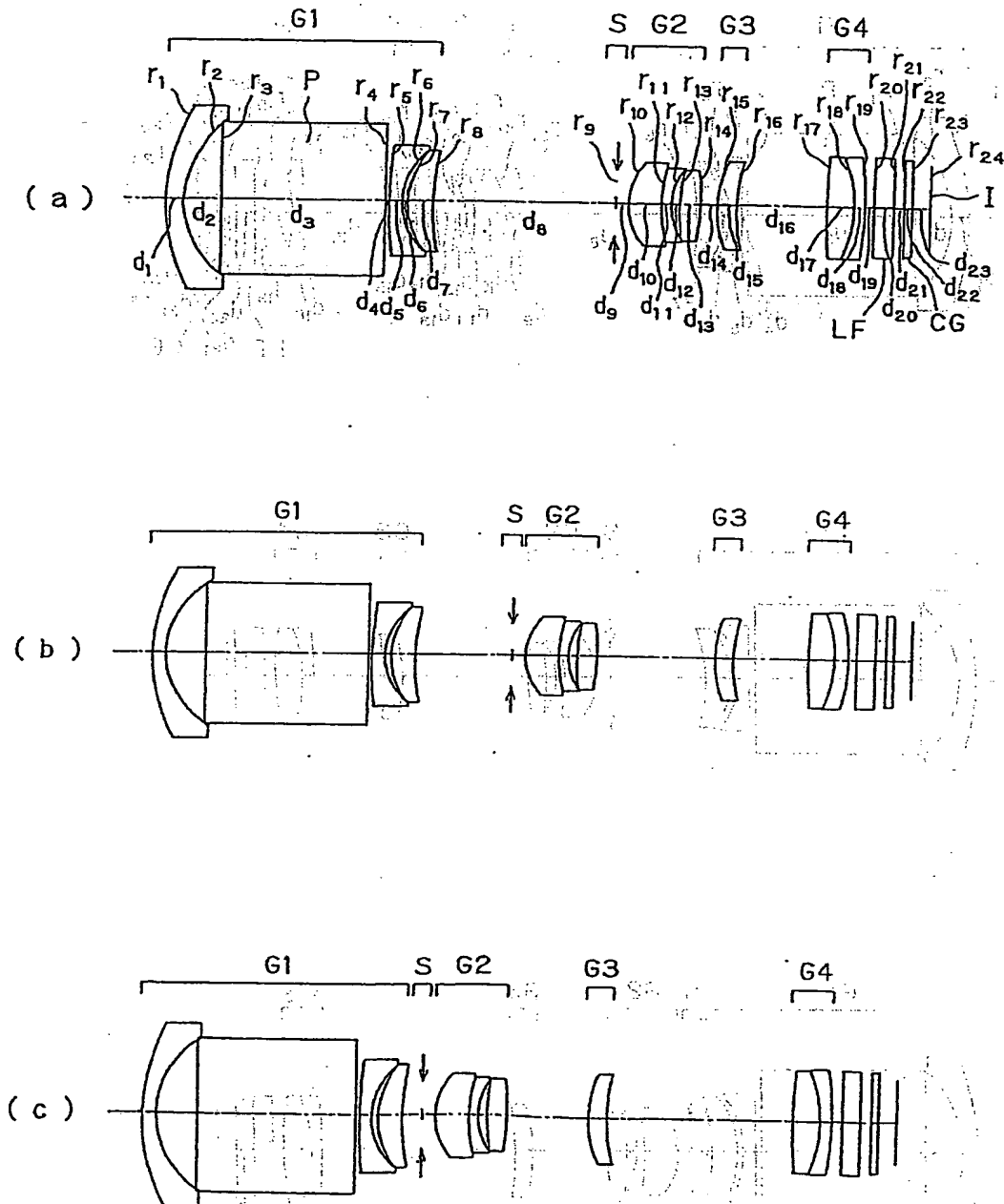
第 3 図



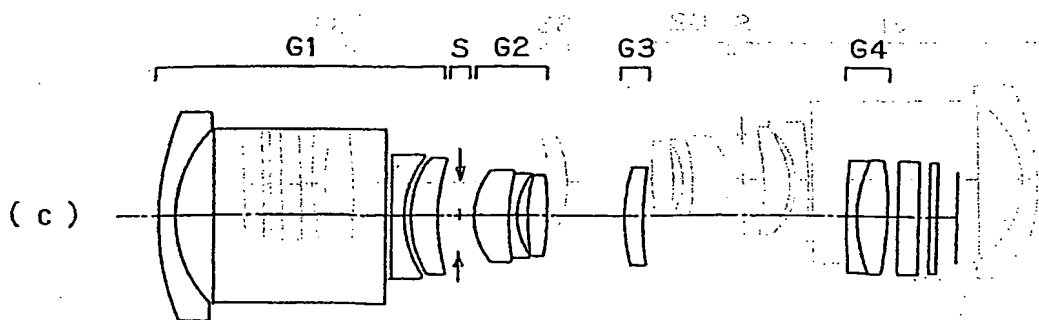
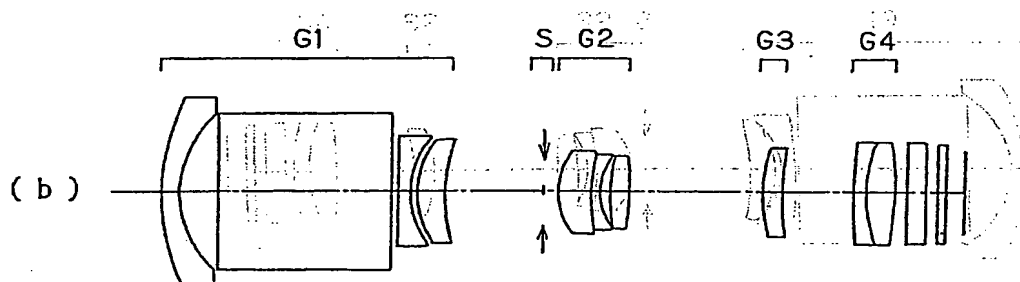
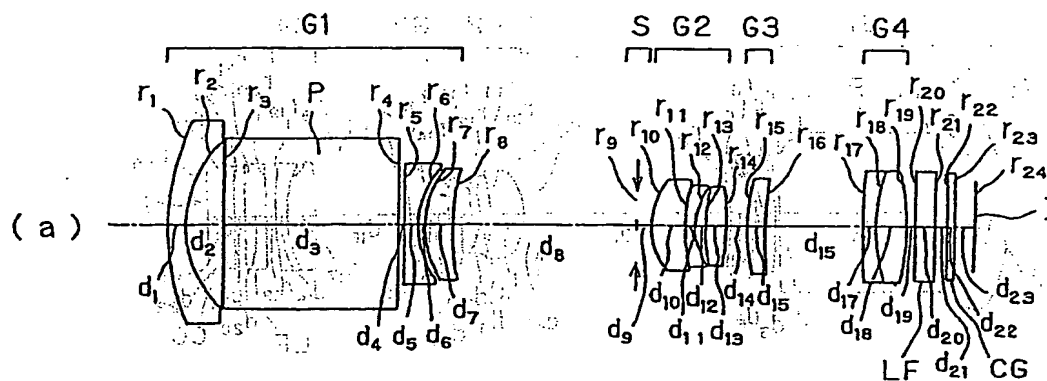
第 4 図



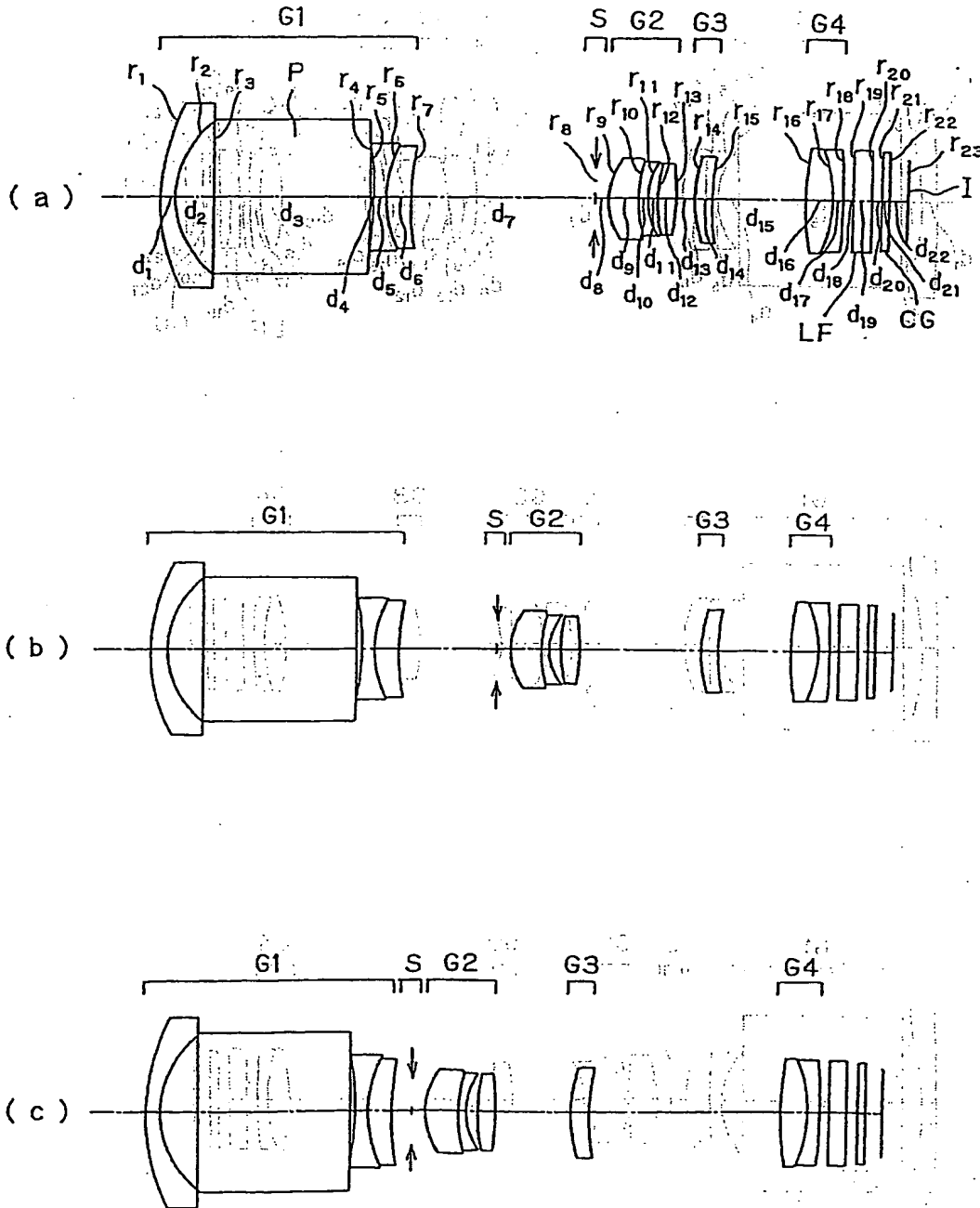
第 6 図



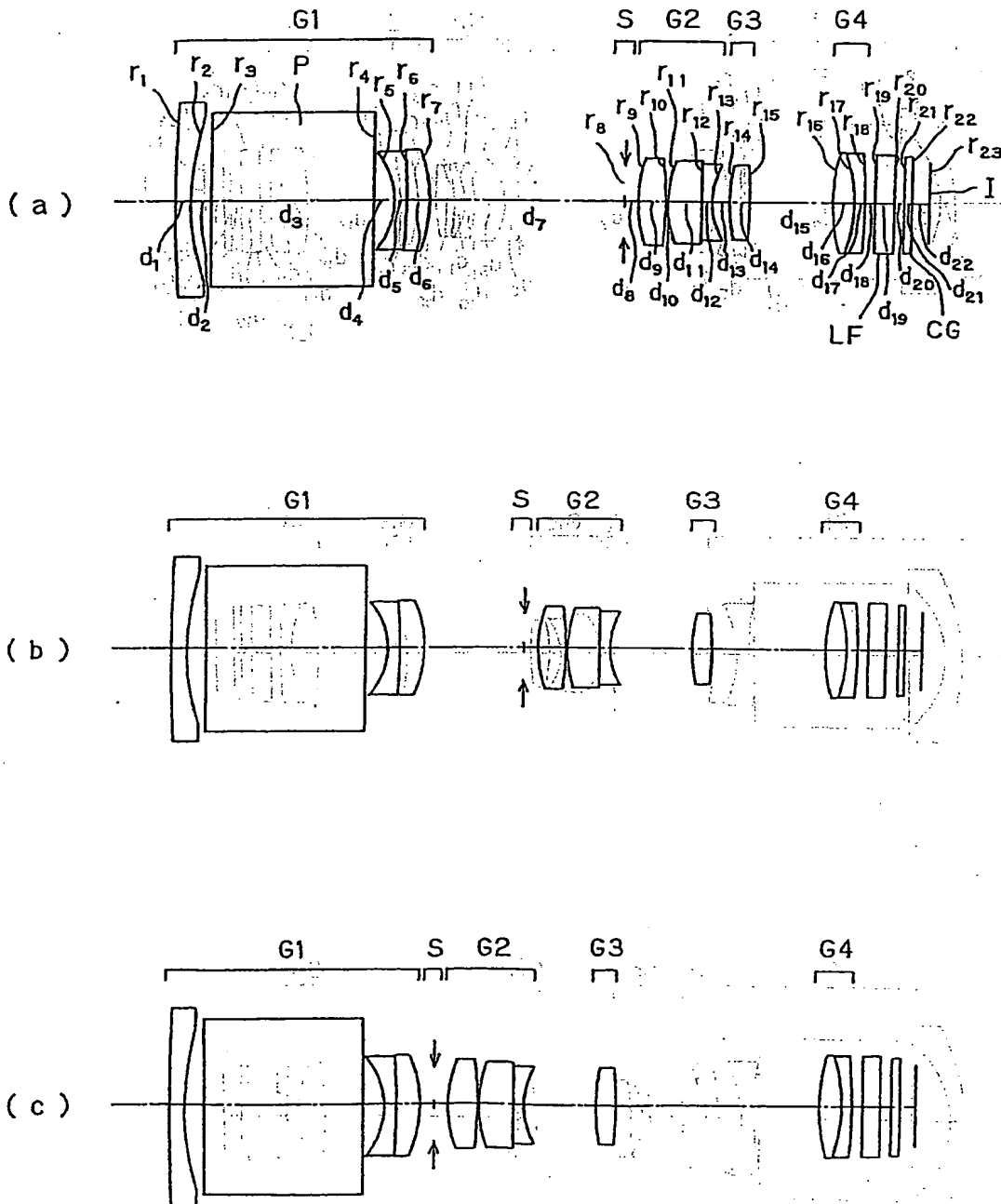
第 7 図



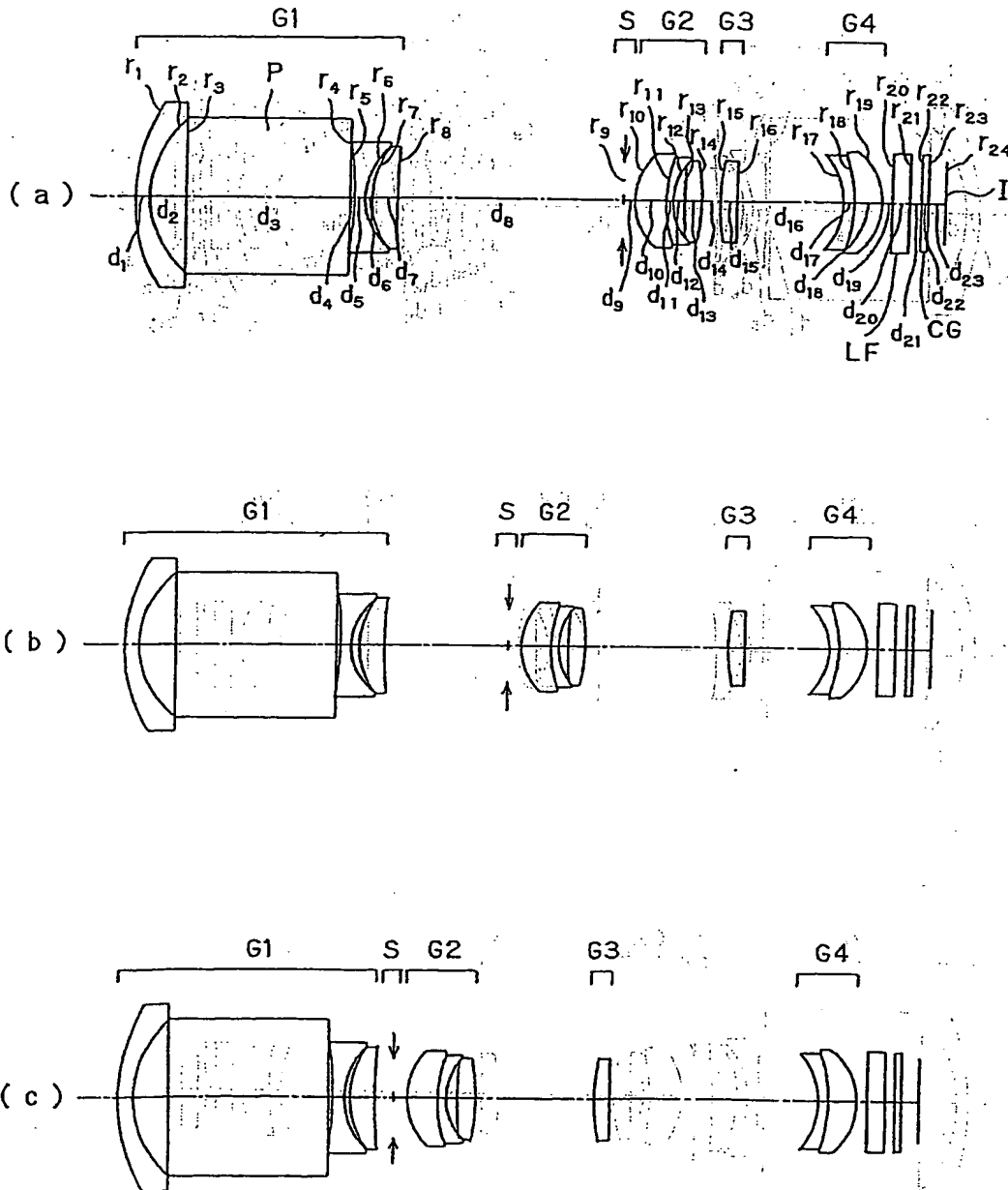
第 8 図



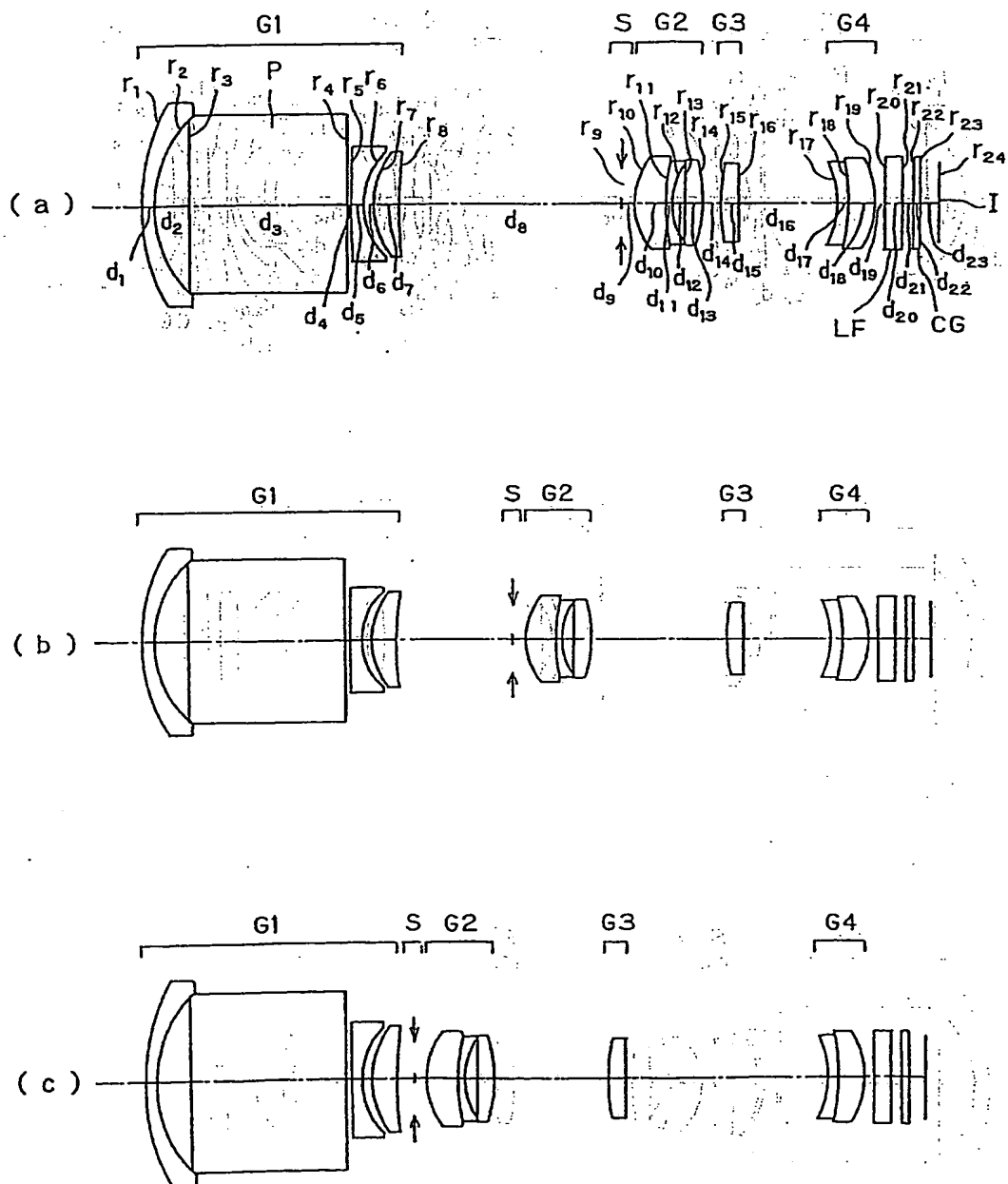
第 9 図



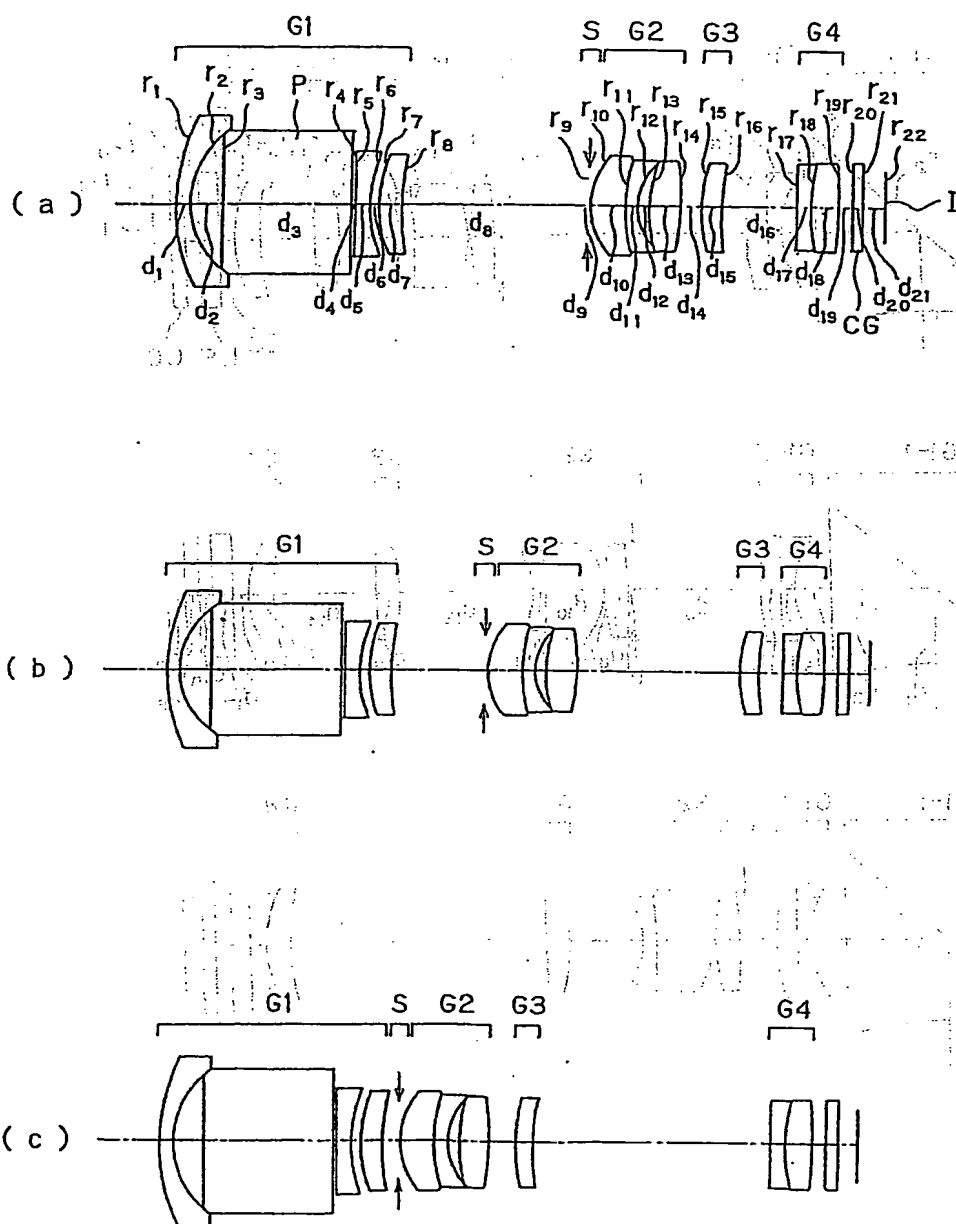
第 10 図



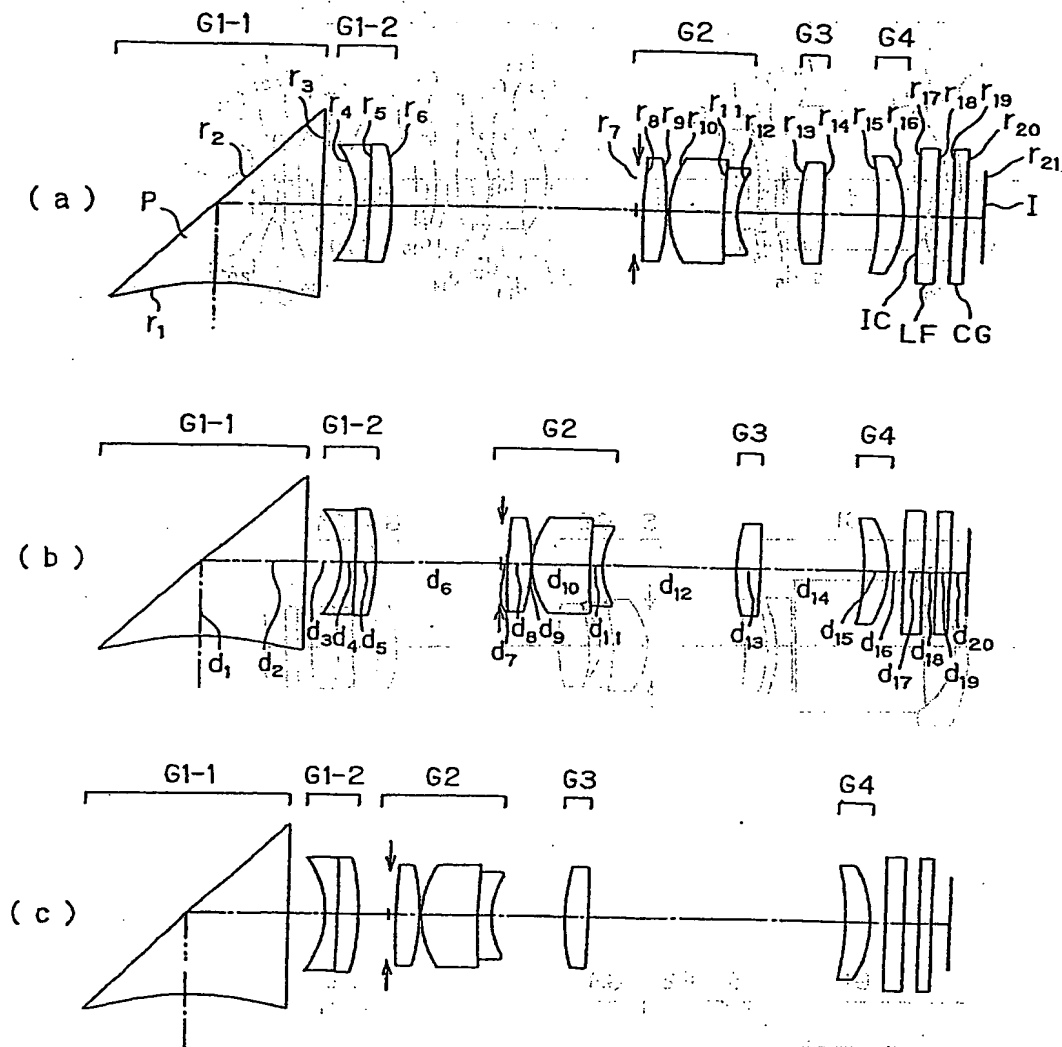
第 1 1 図



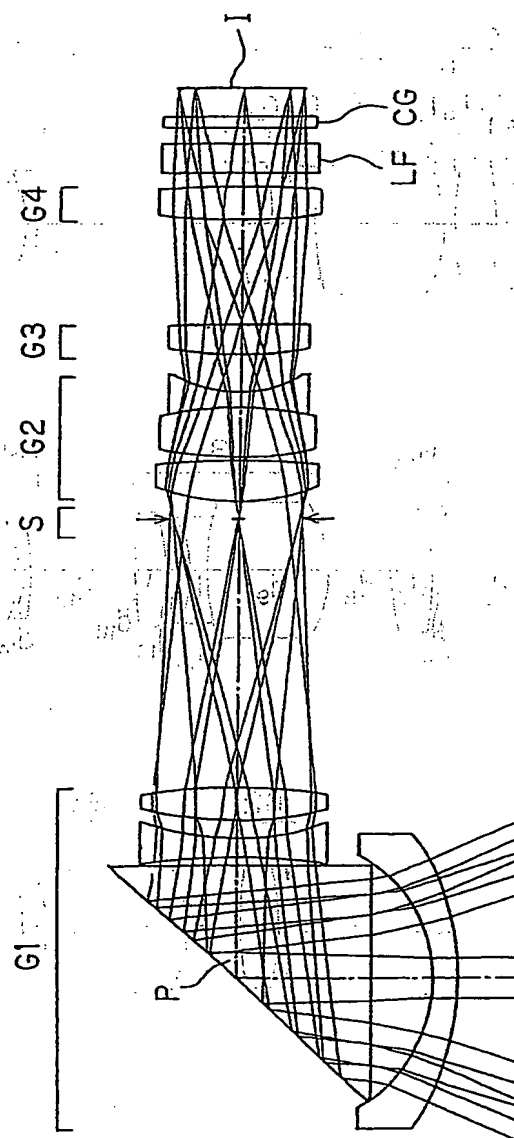
第 1 2 図



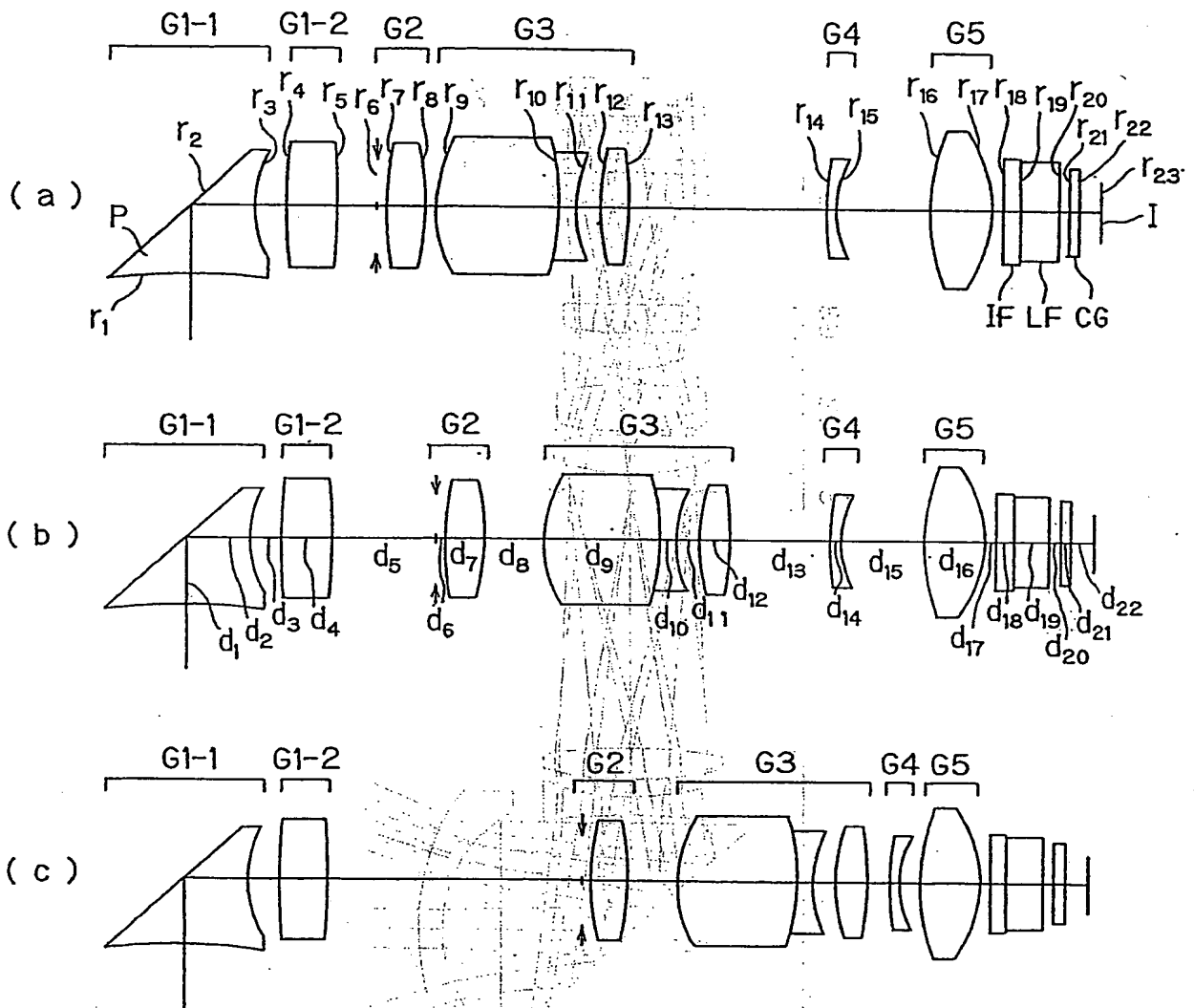
第 13 図



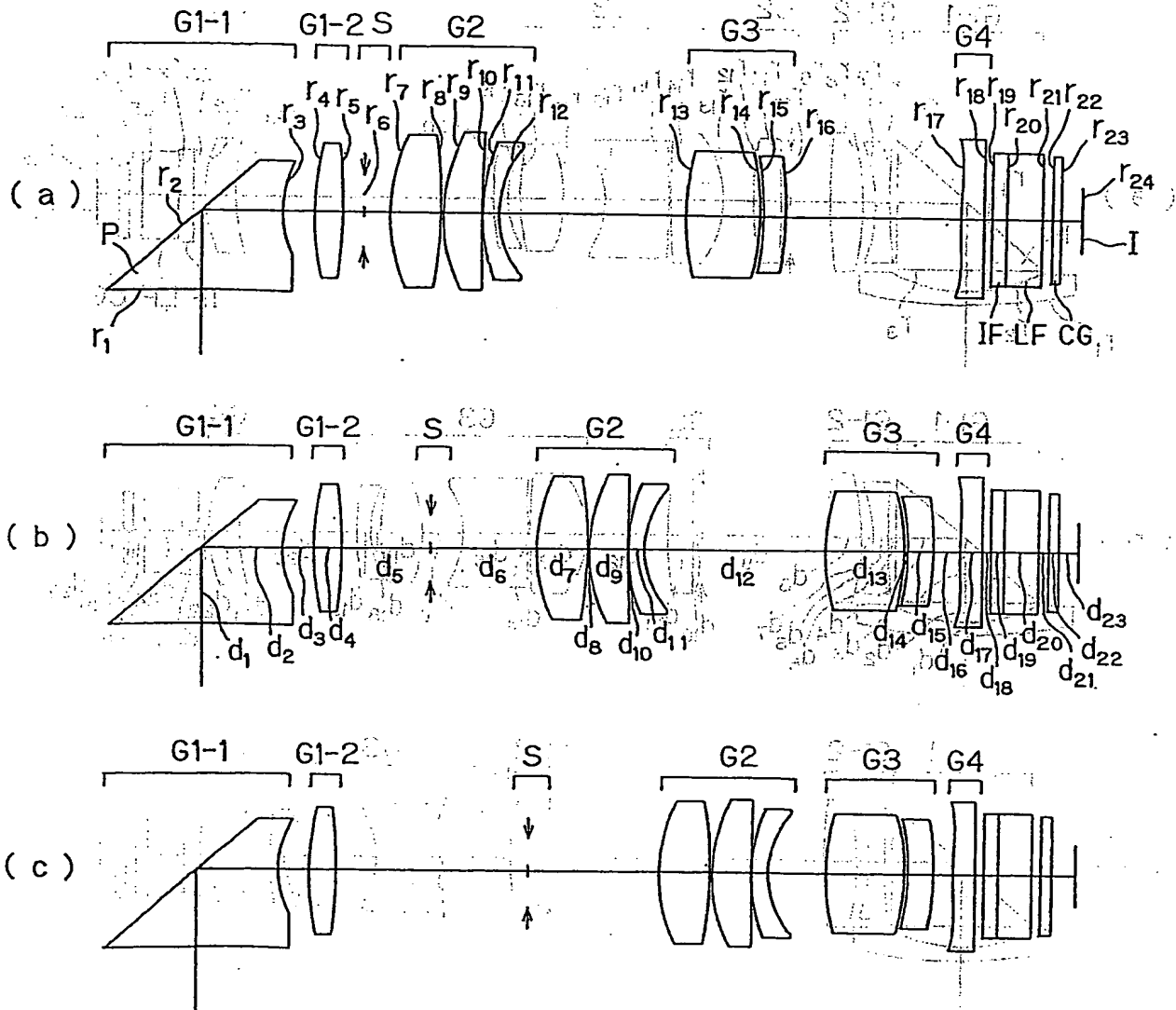
第14図



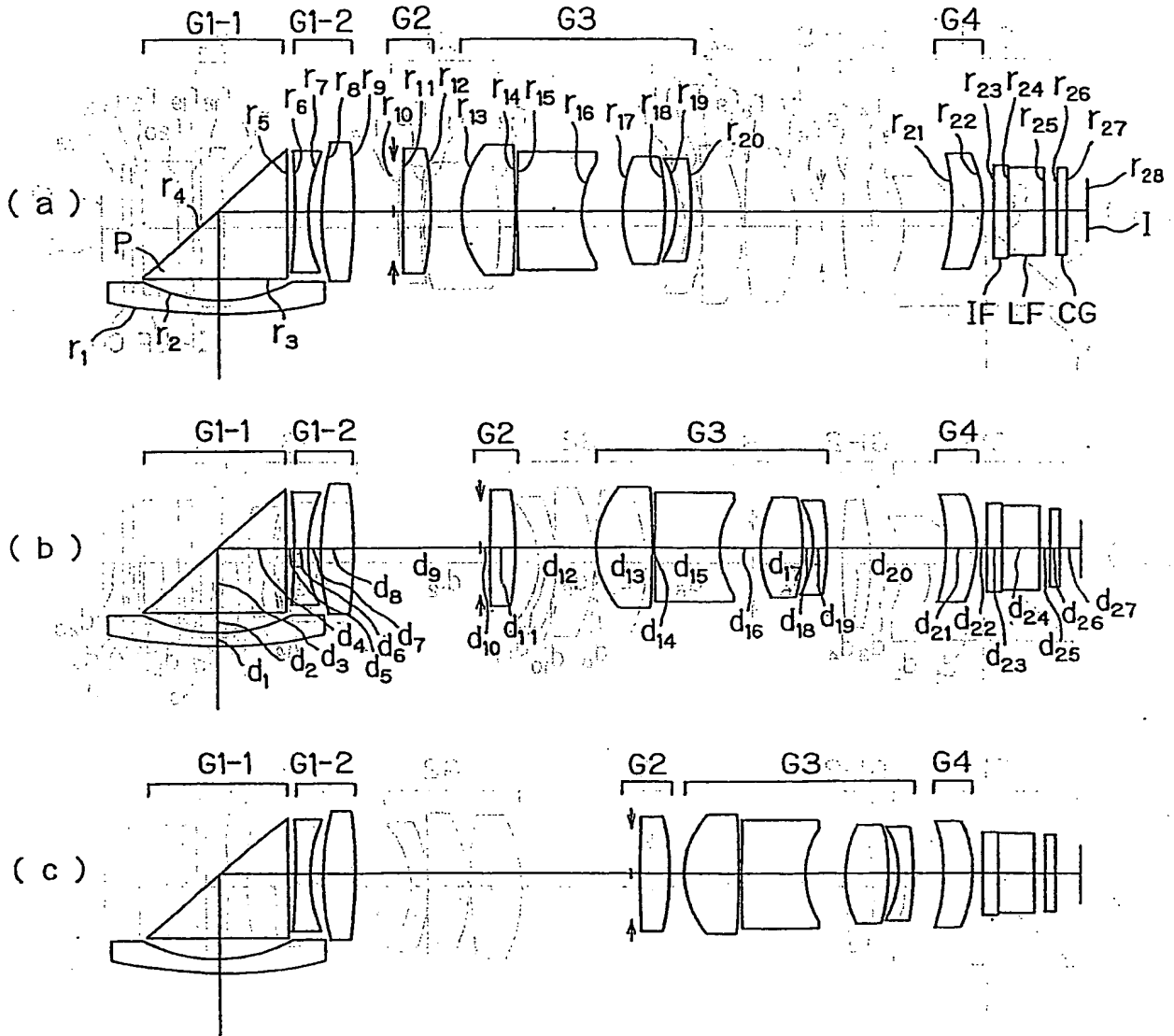
第 15 図



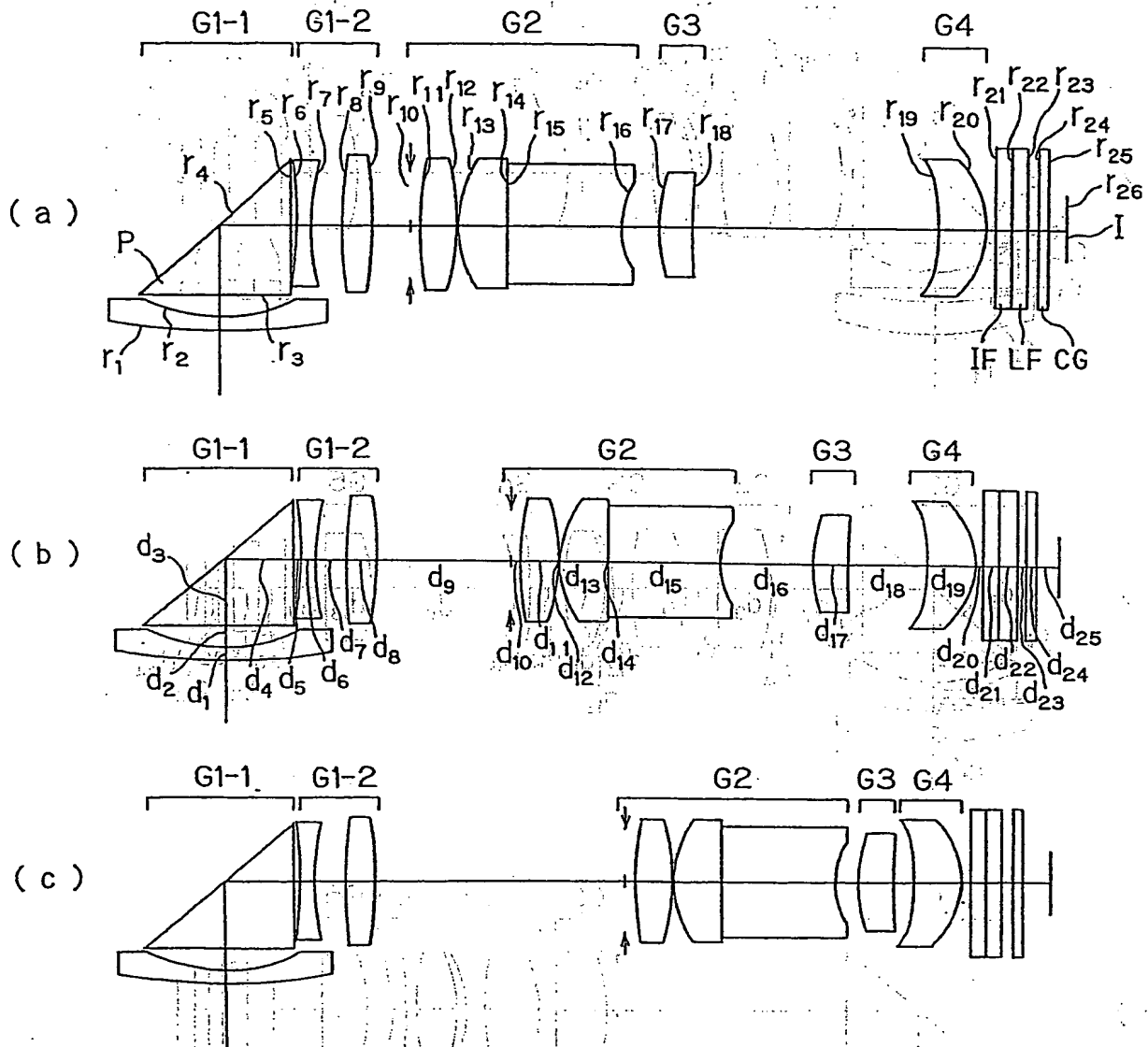
第 16 図



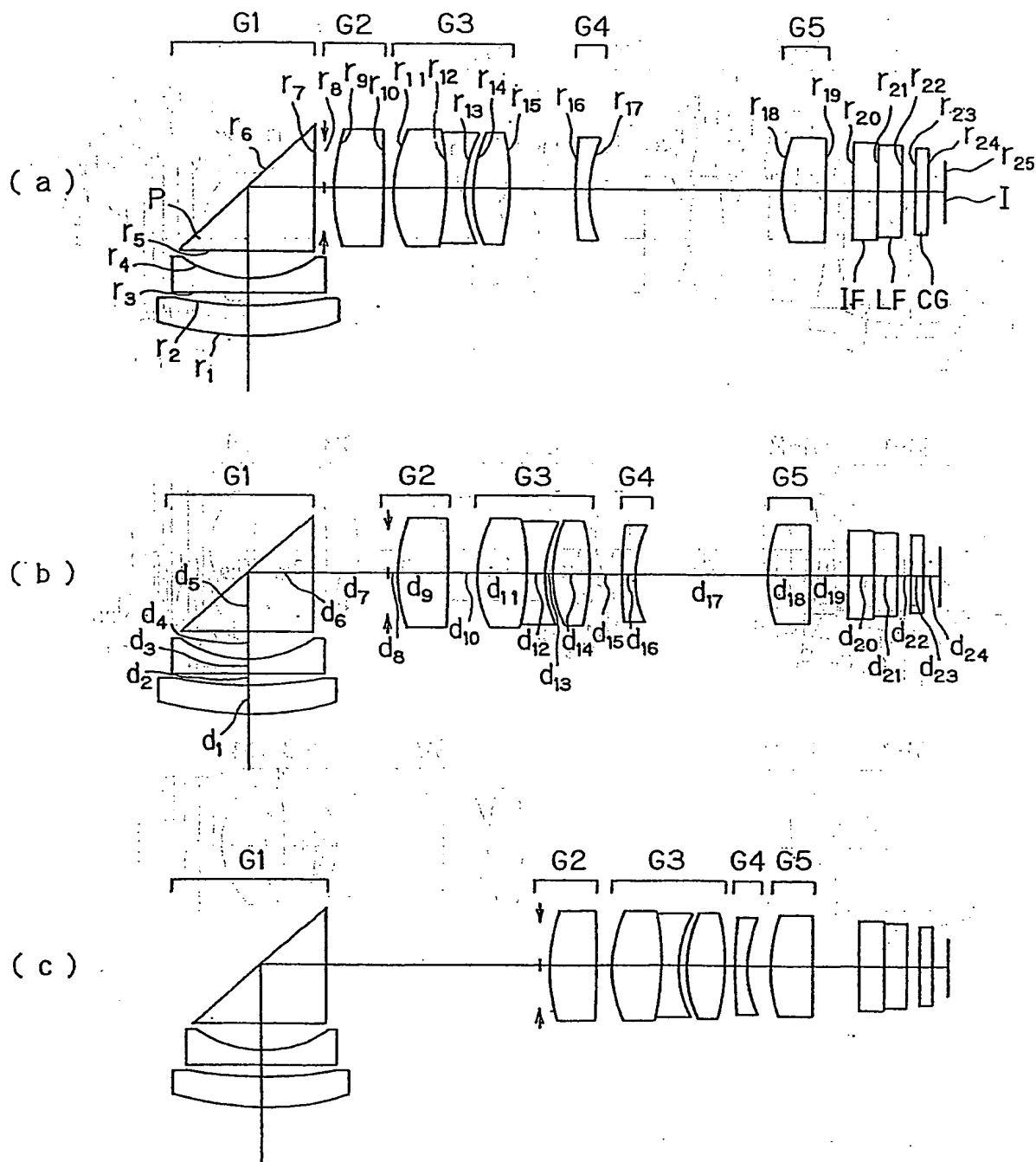
第17図



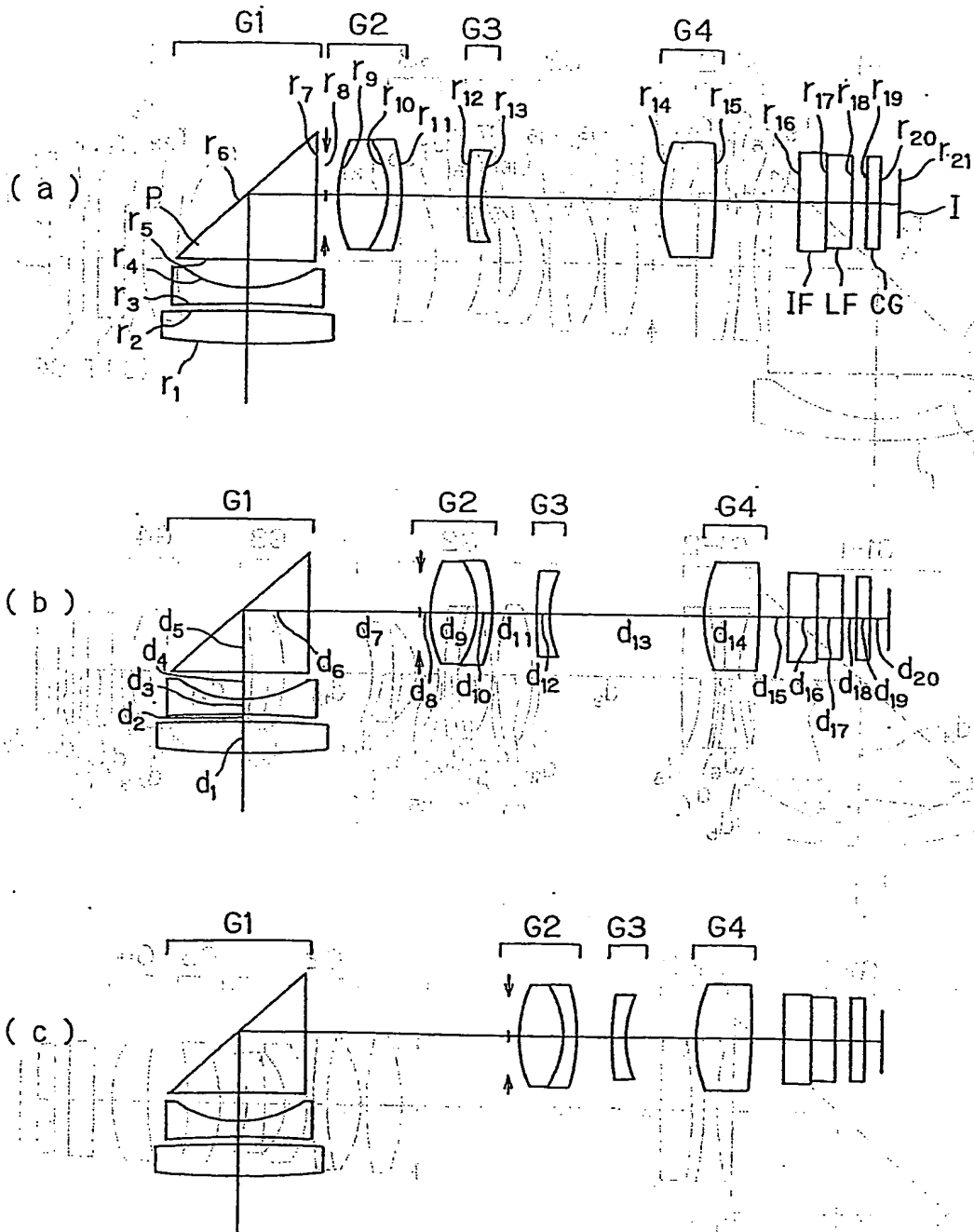
第 18 図



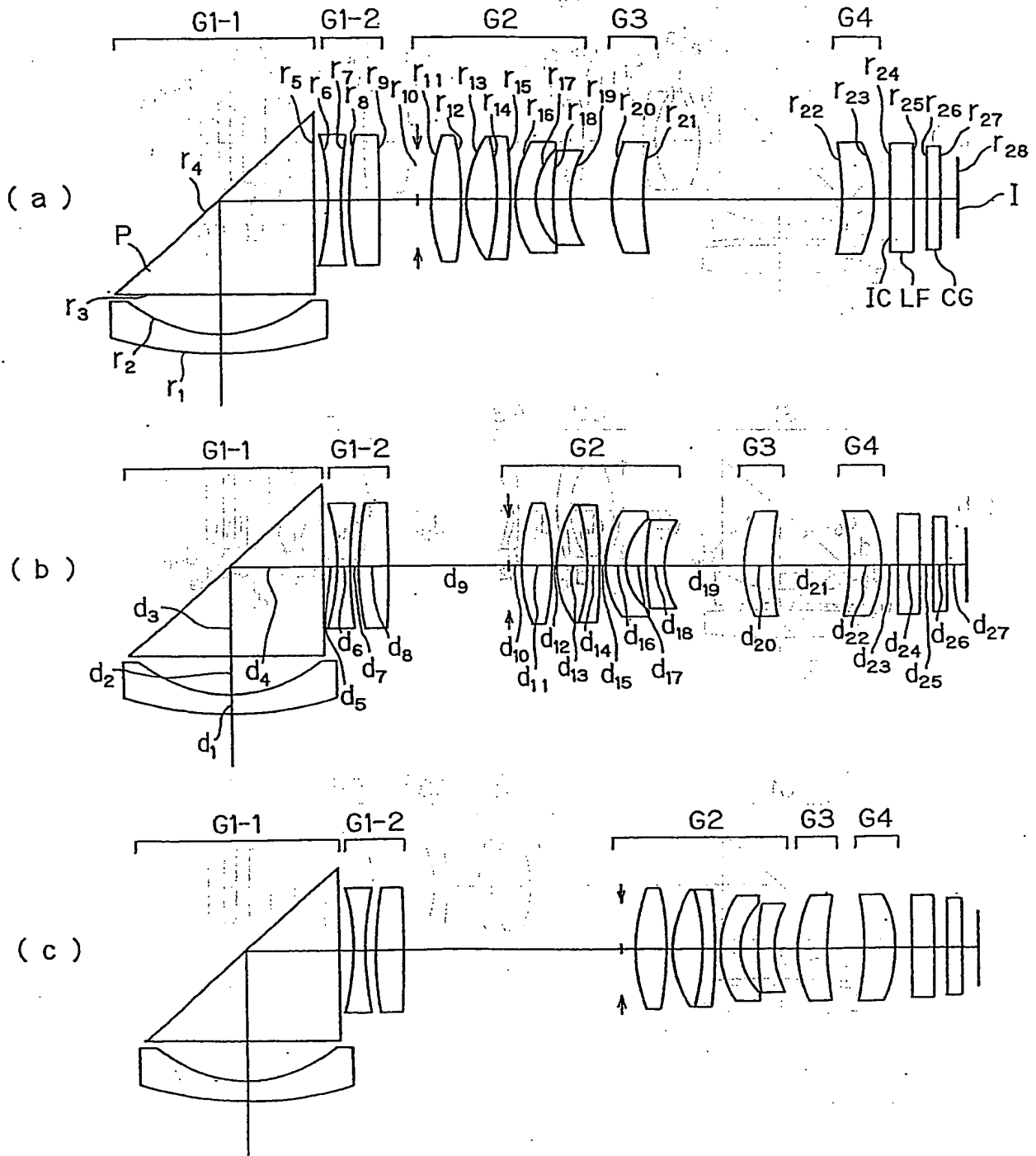
第 19 図



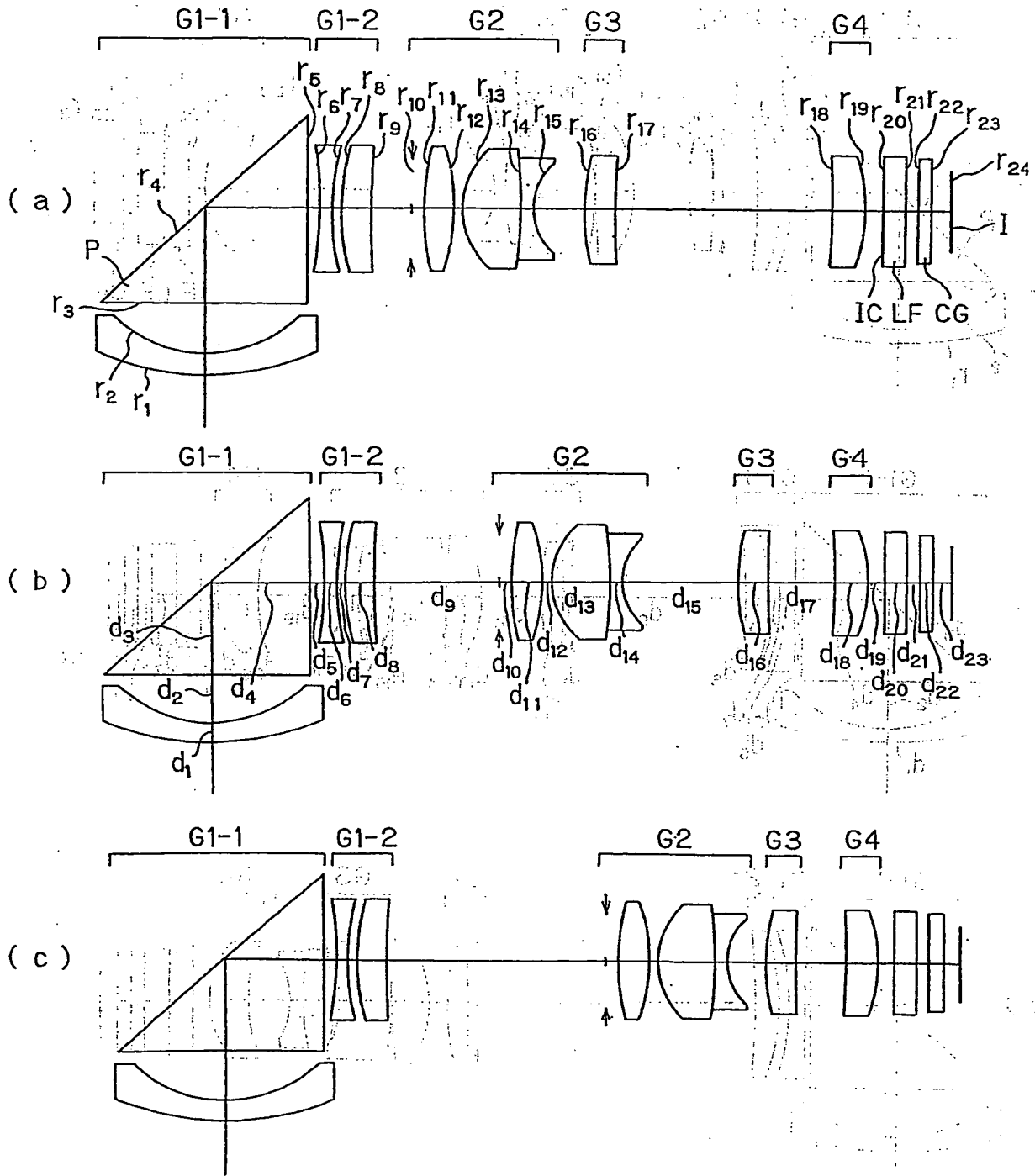
第 20 図



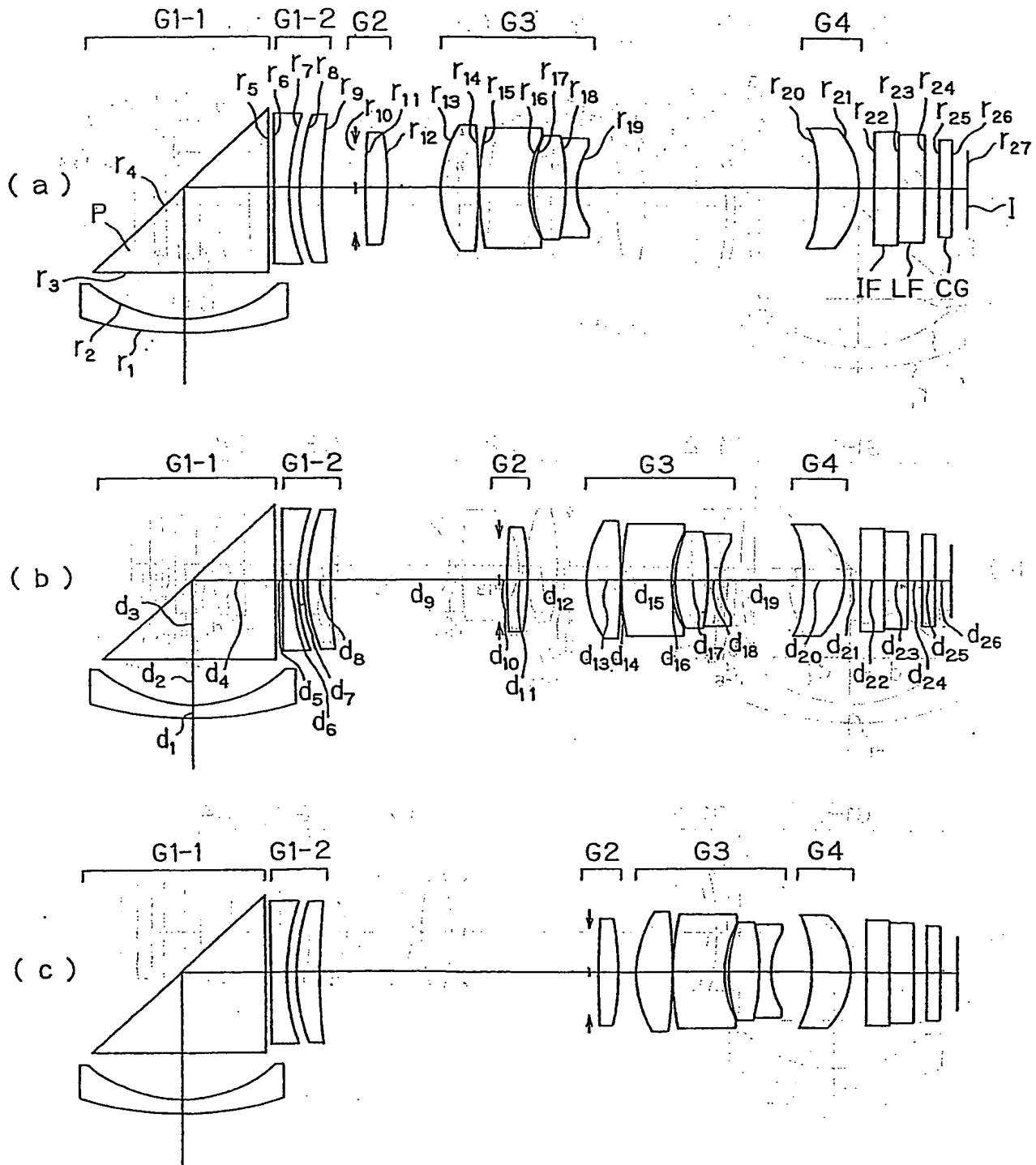
第 2 1 図



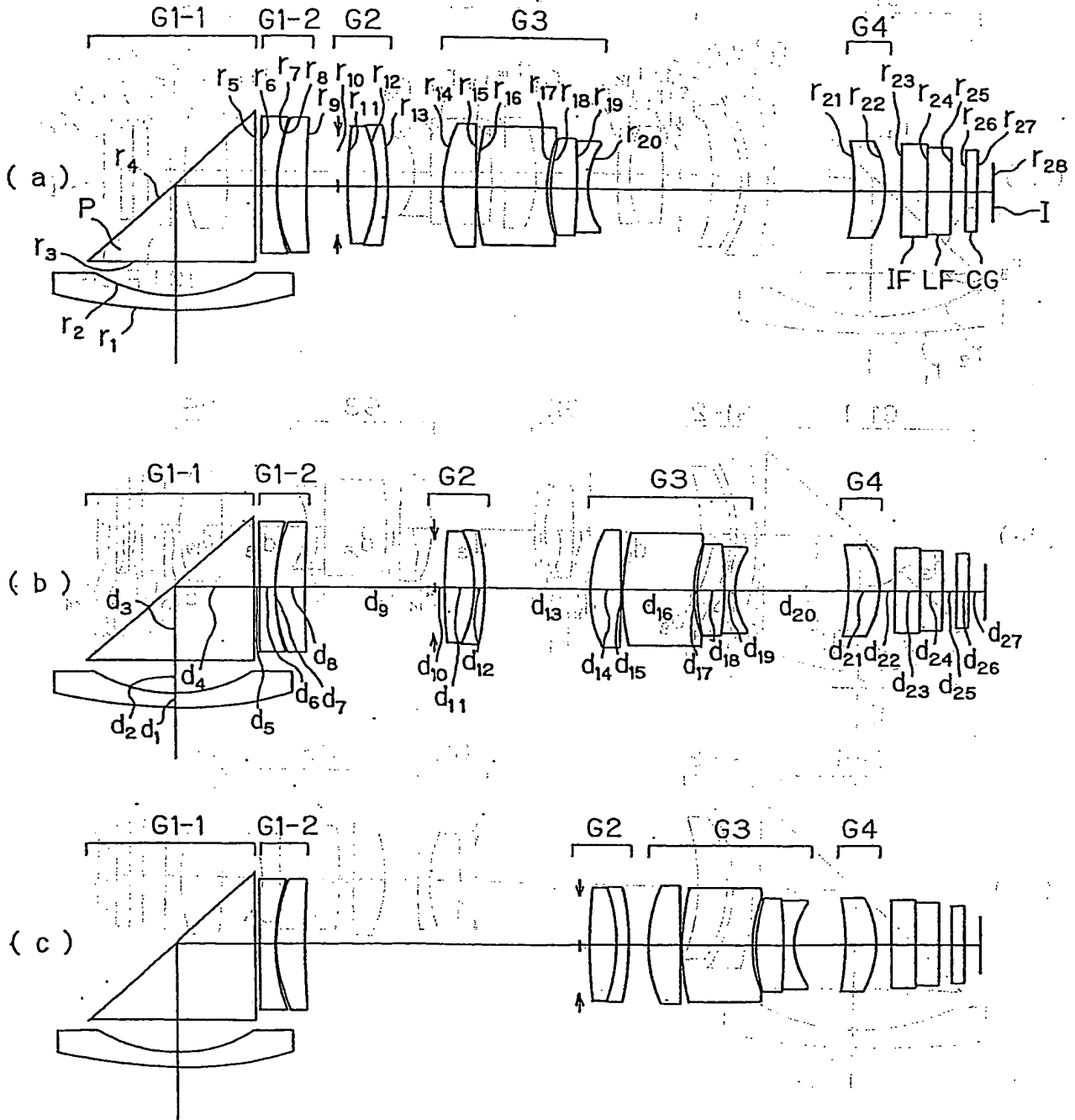
第 2 2 図



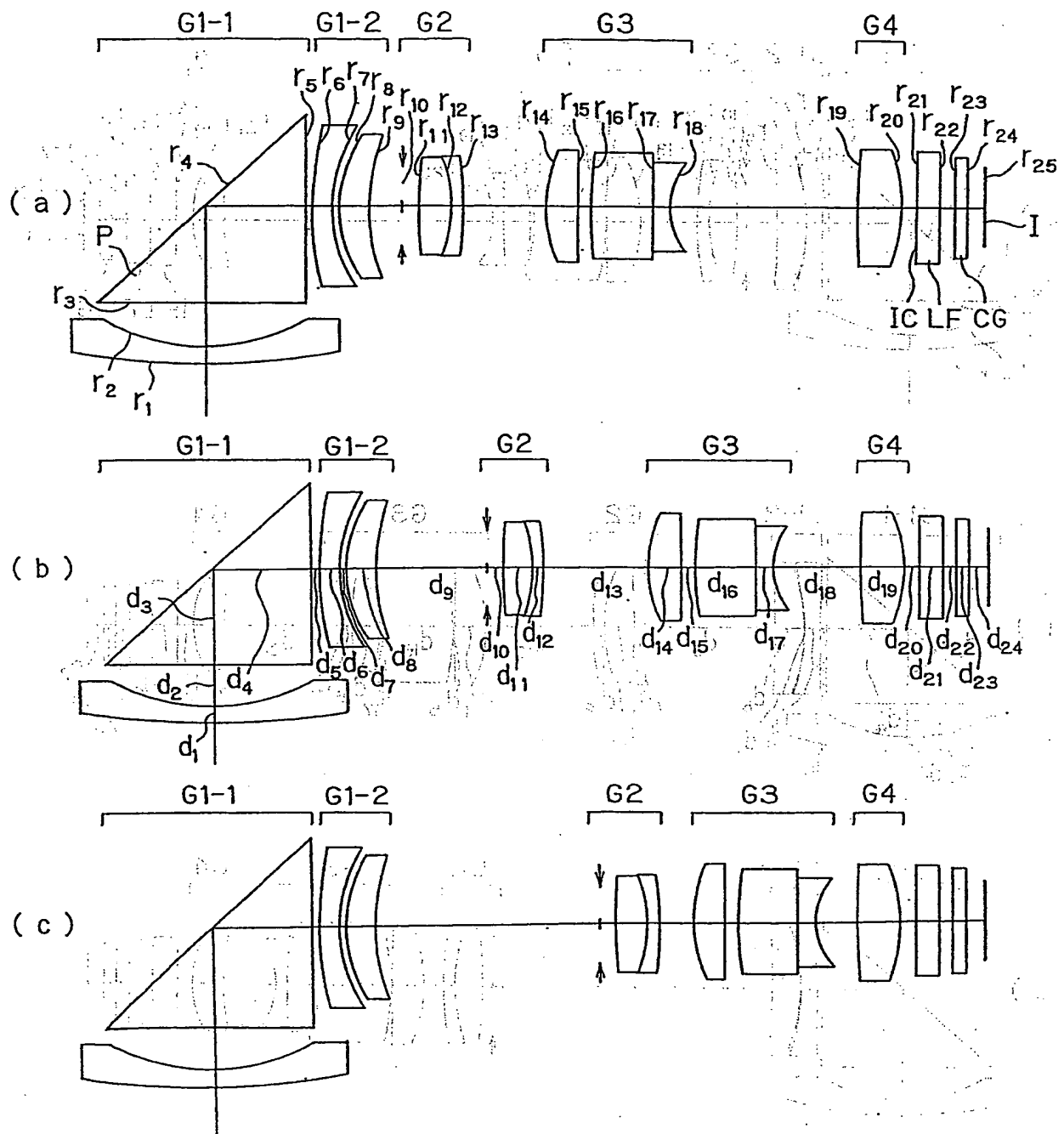
第 2 3 図



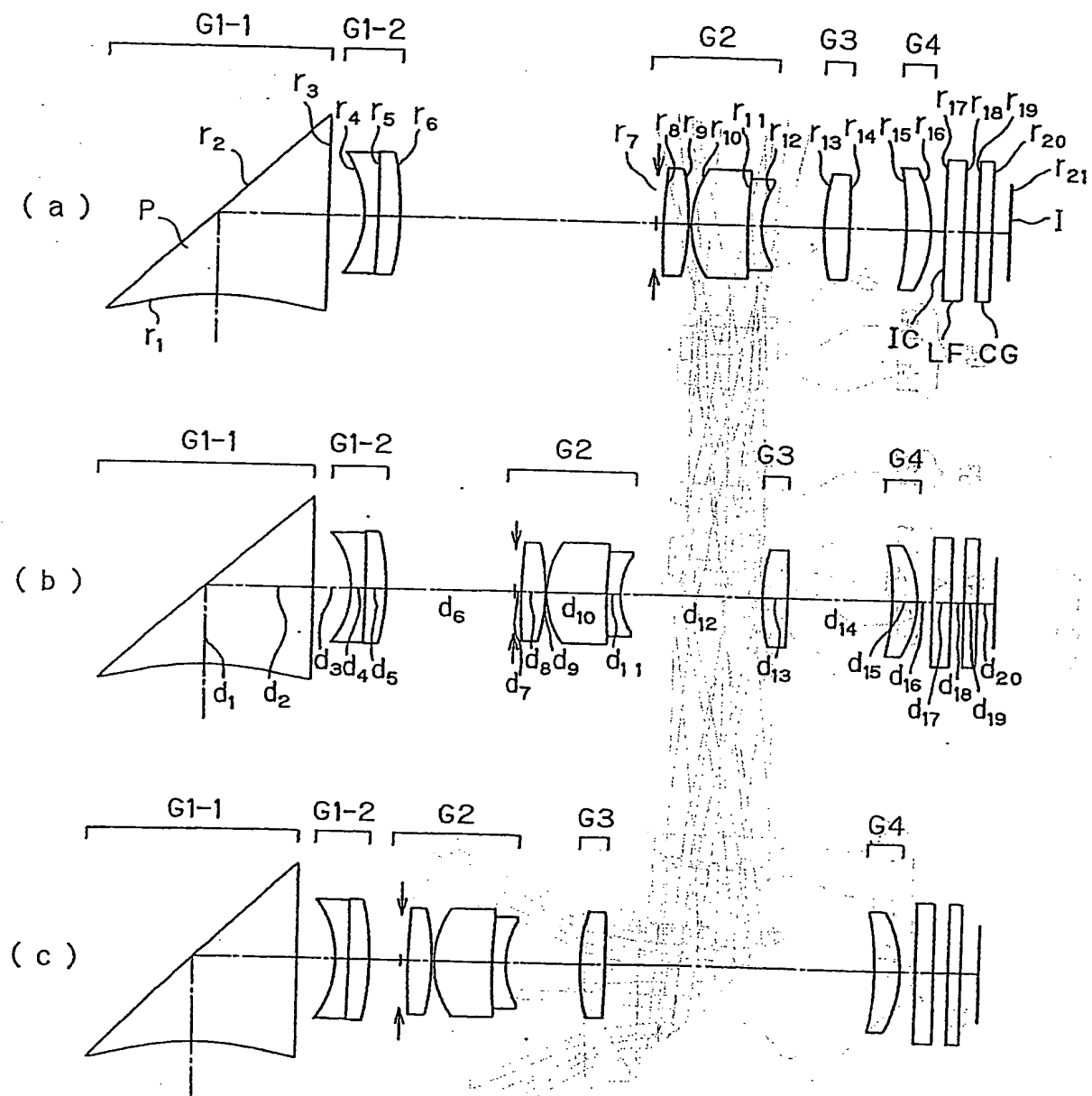
第 2 4 図



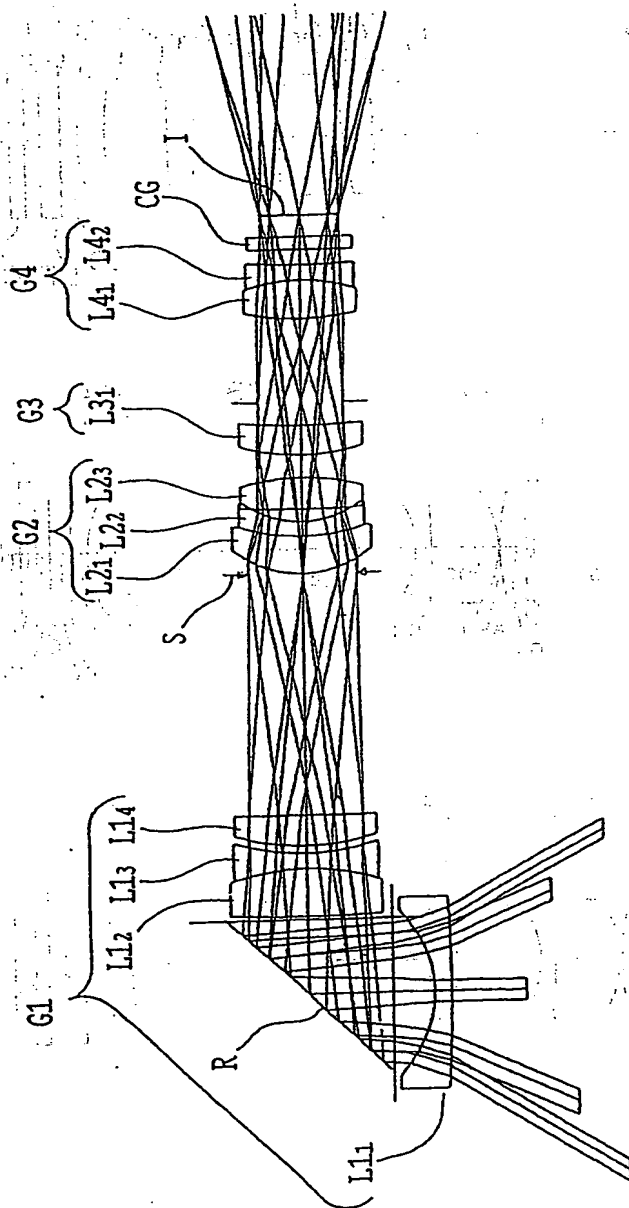
第 25 図



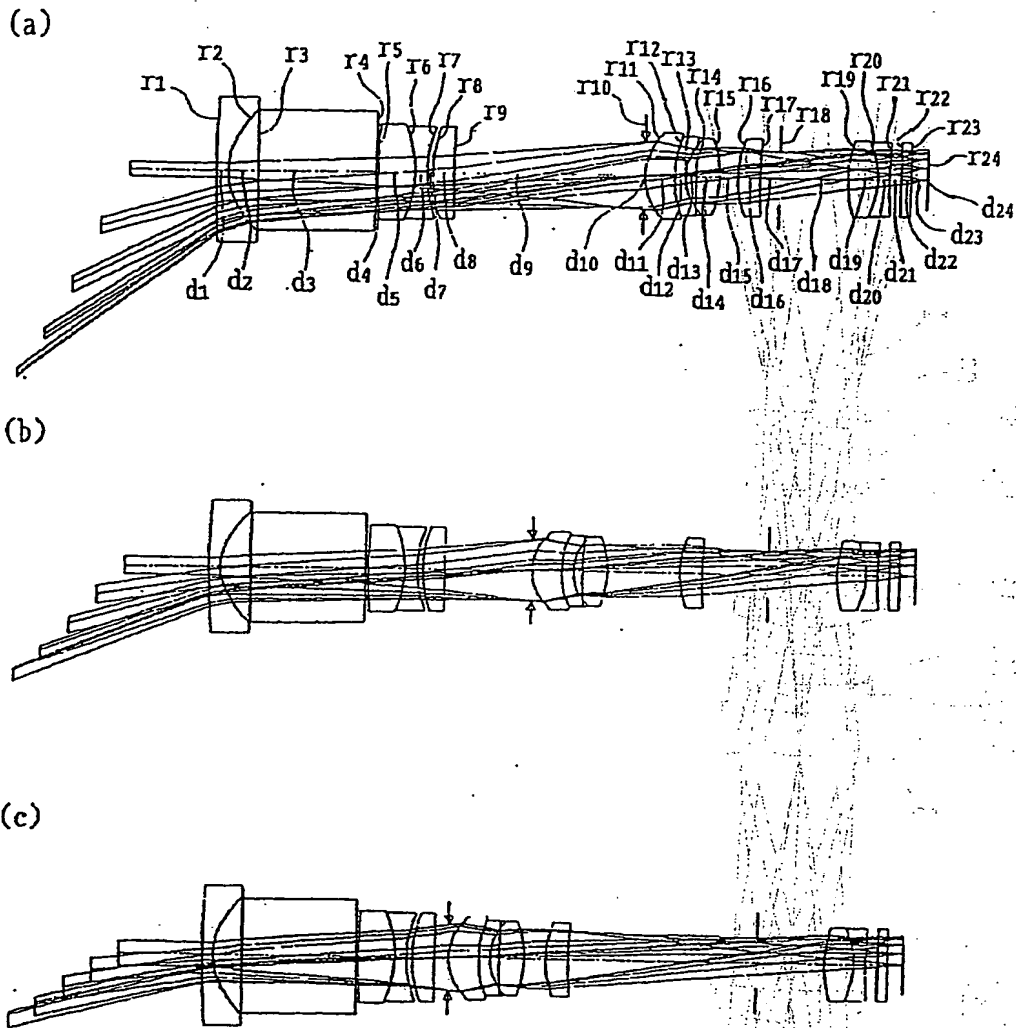
第 26 図



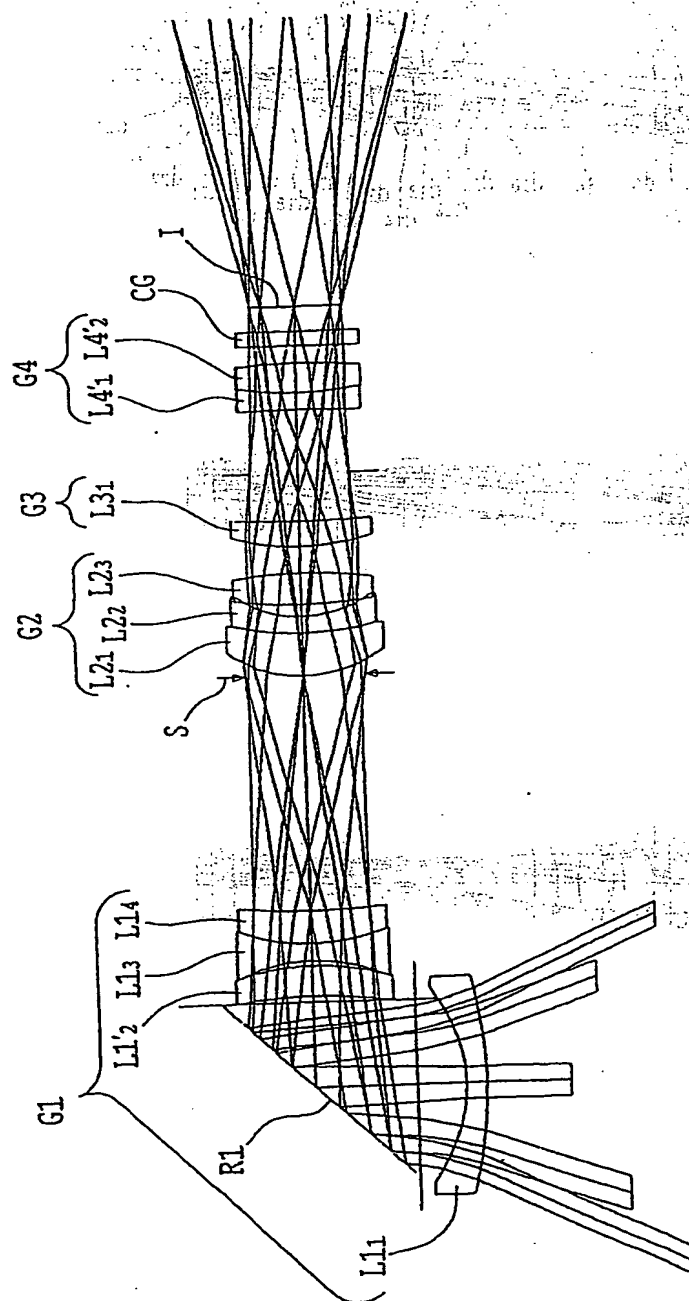
第 27 図



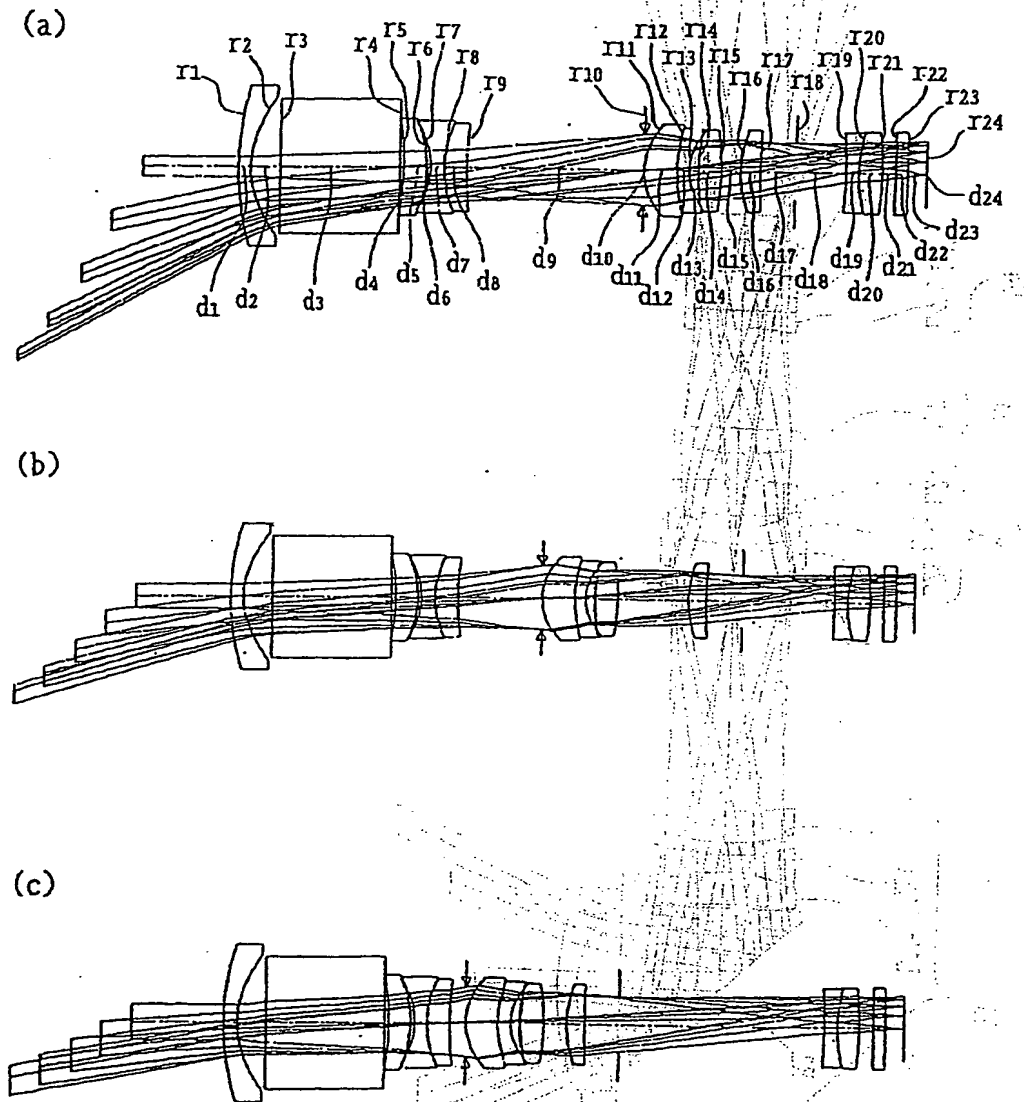
第 28 図



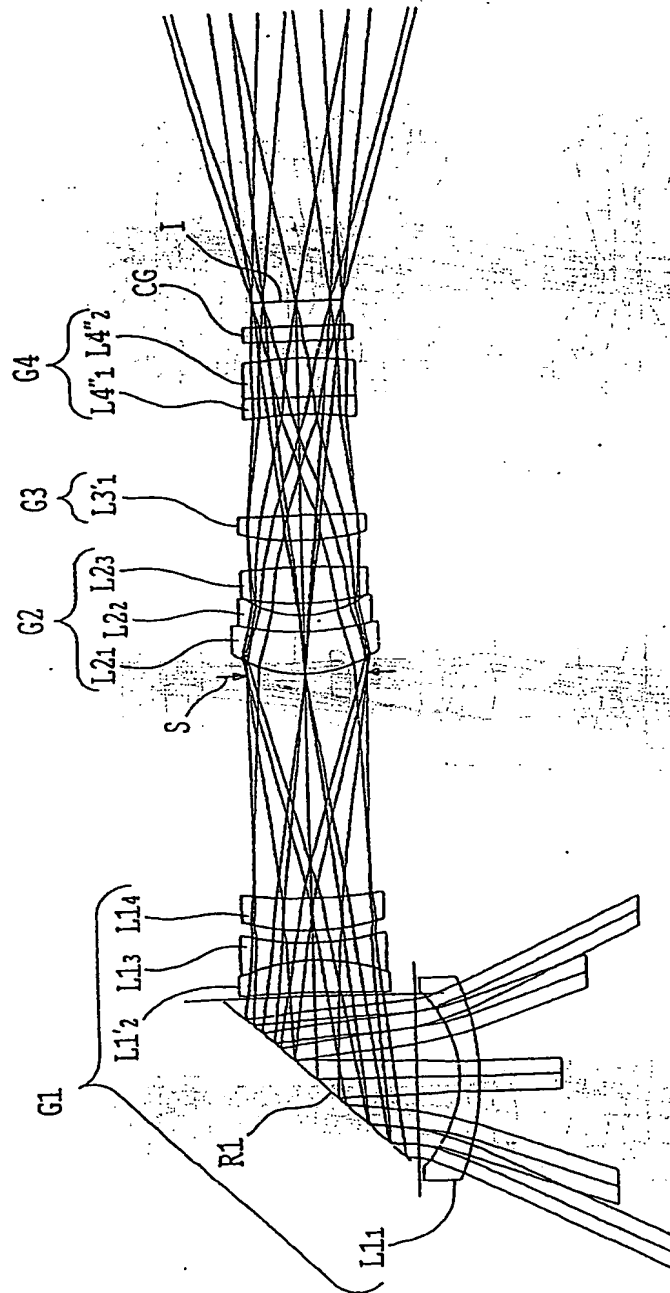
第 29 図



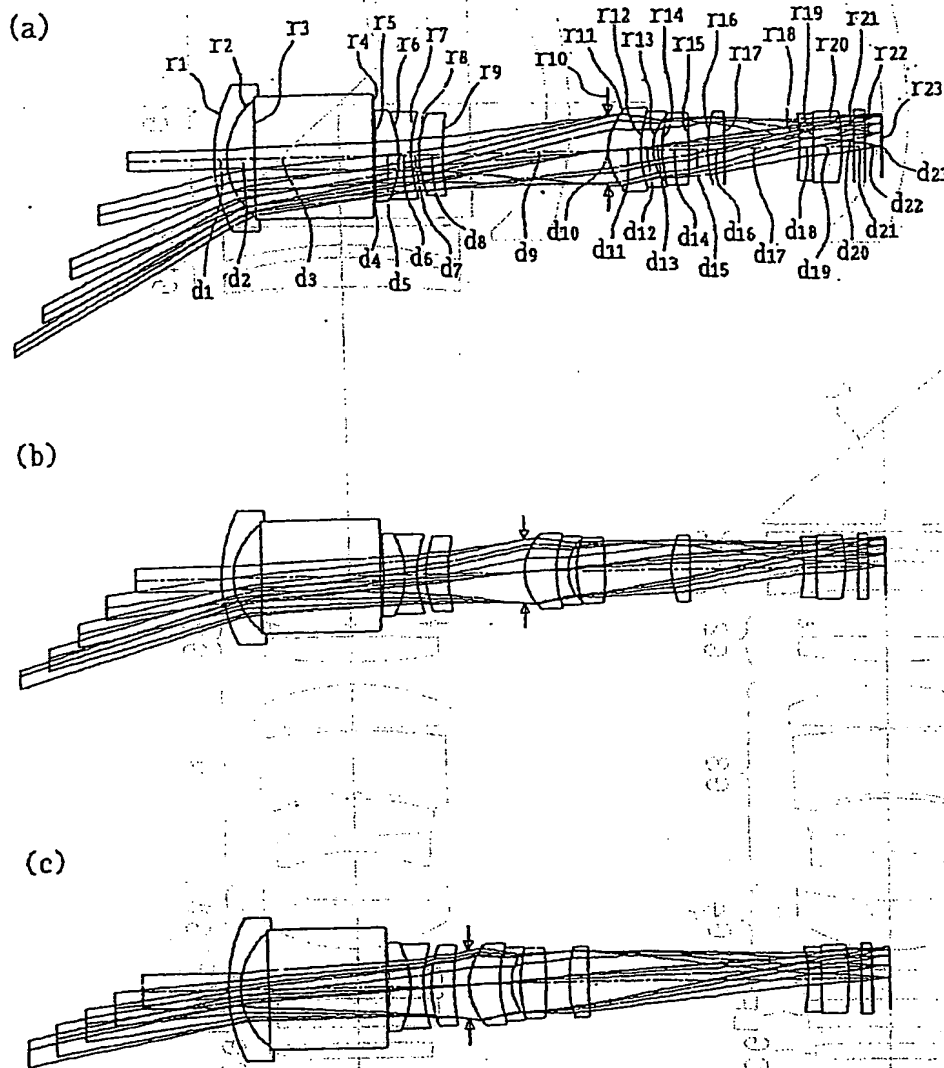
第 30 図



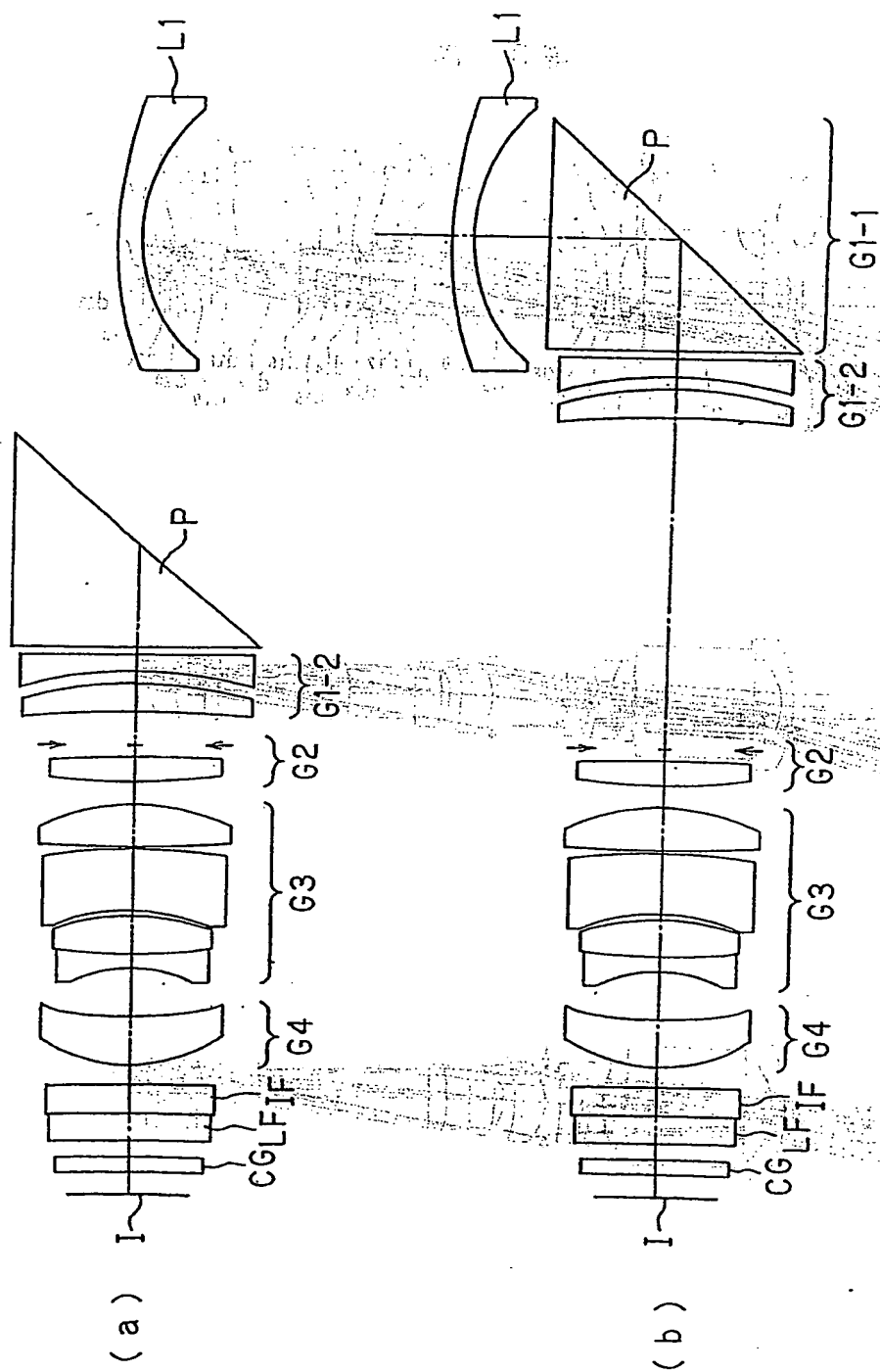
第 3 1 図



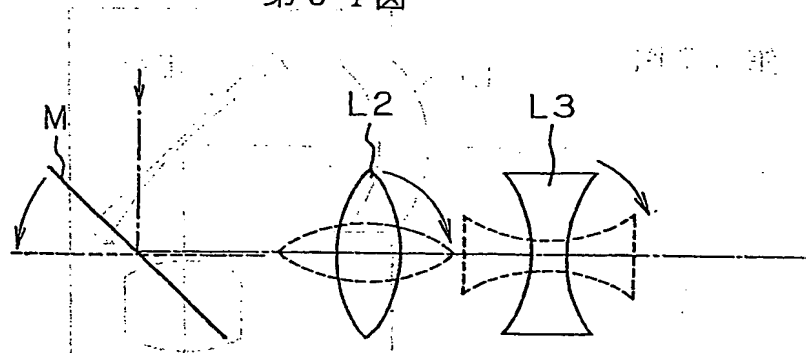
第 3 2 図



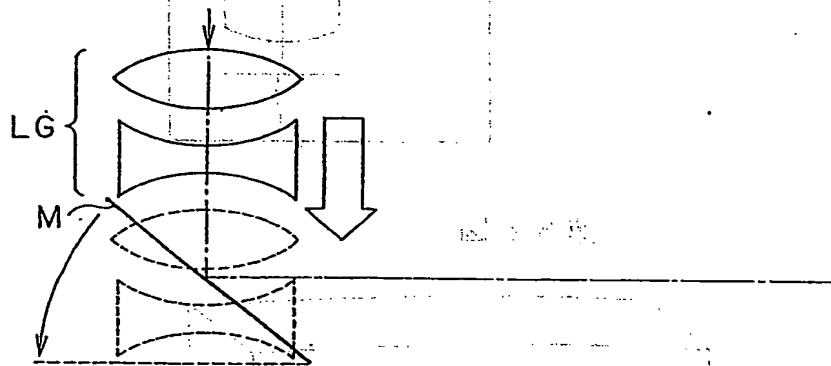
第 3 3 図



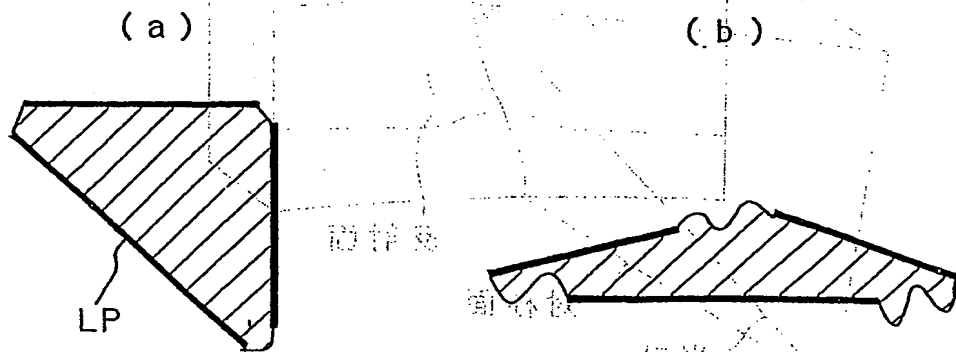
第 3 4 図



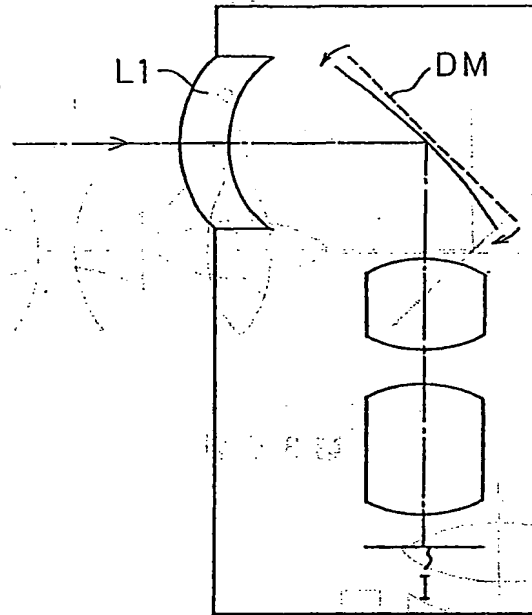
第 3 5 図



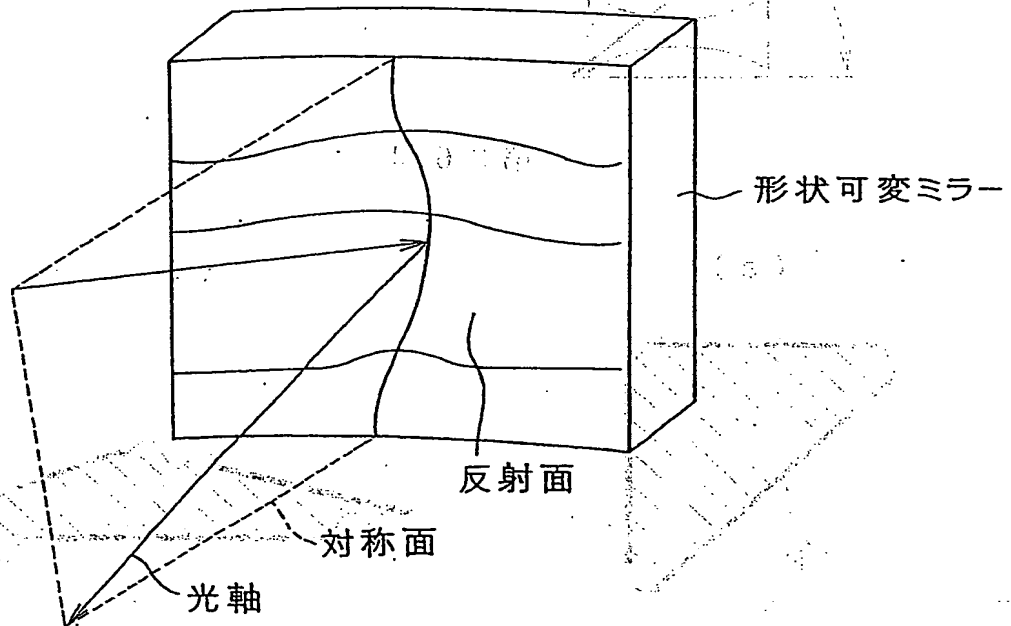
第 3 6 図



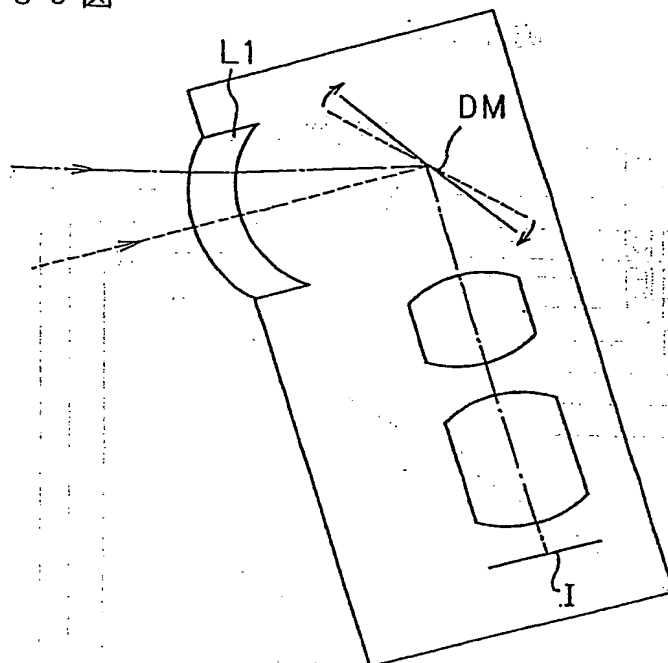
第 3 7 図



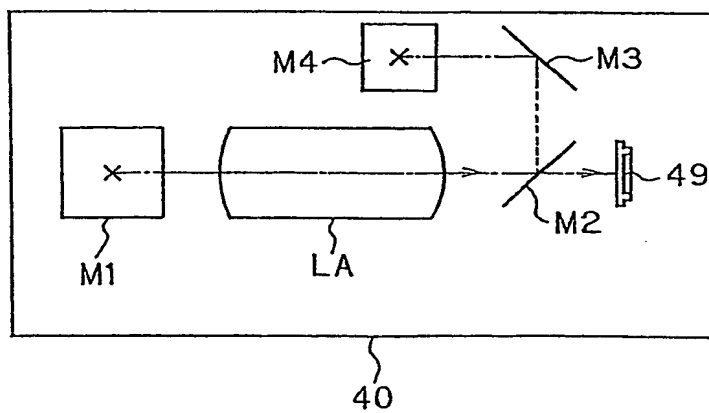
第 3 8 図



第 3 9 図



第 4 0 図



第 4 1 図

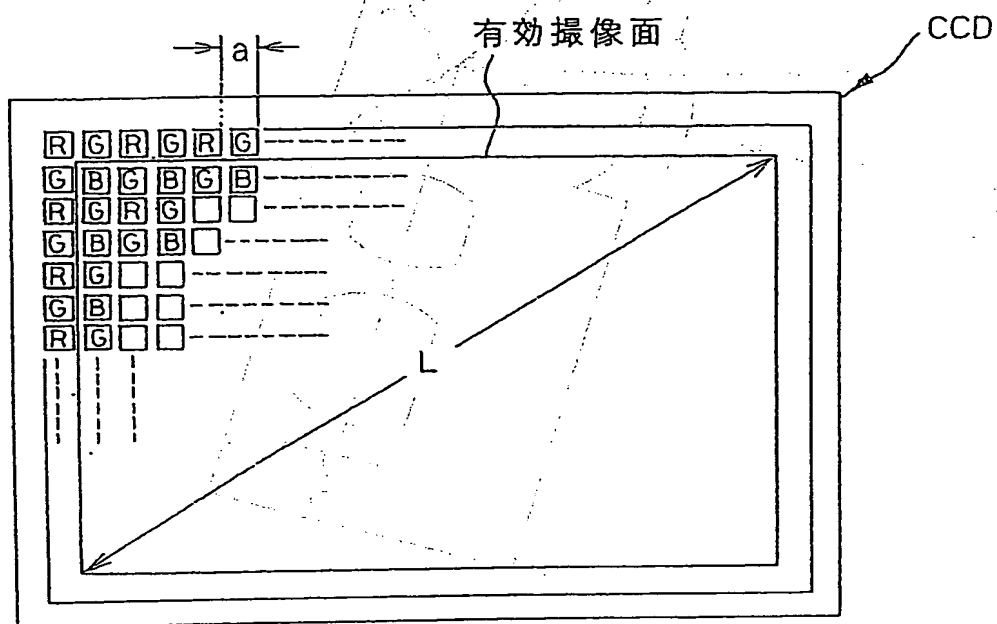
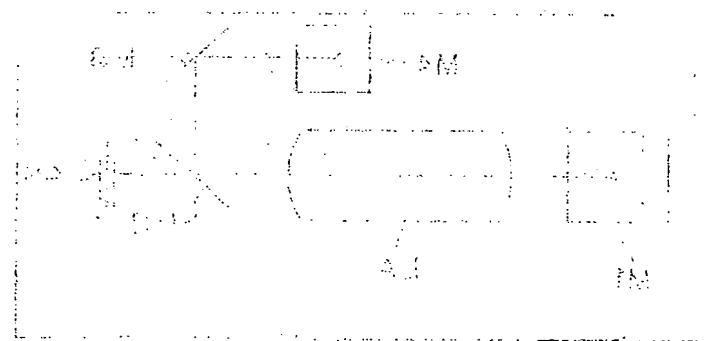
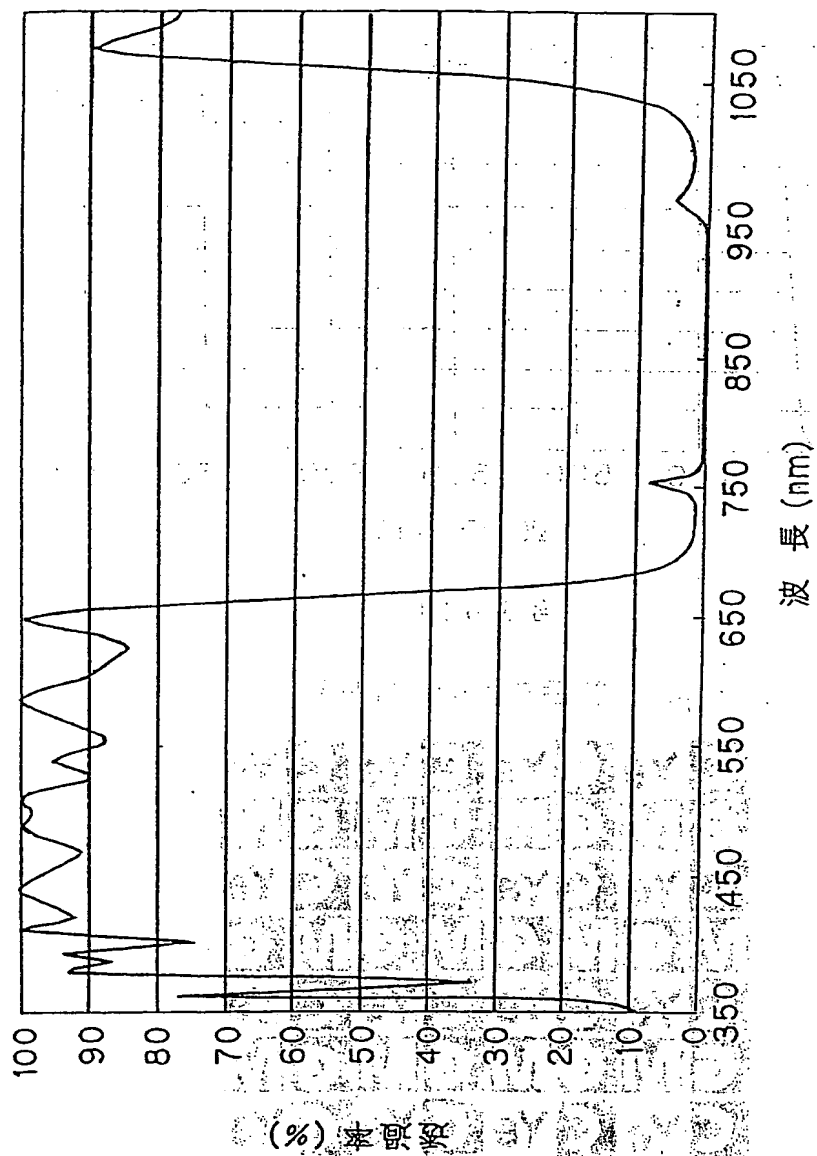


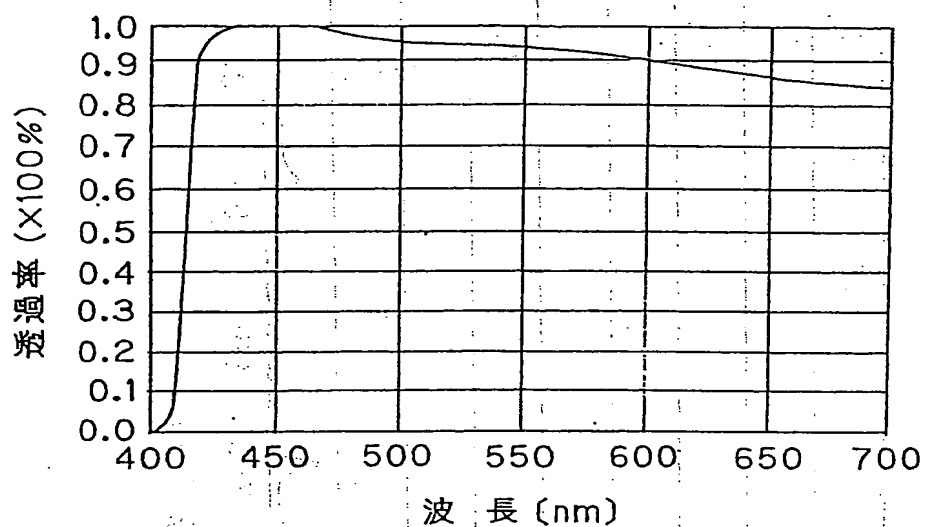
図 0 5 図



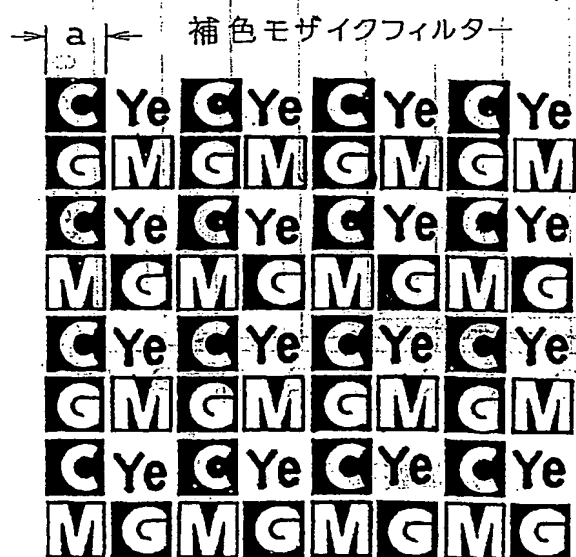
第42図



第 4 3 図

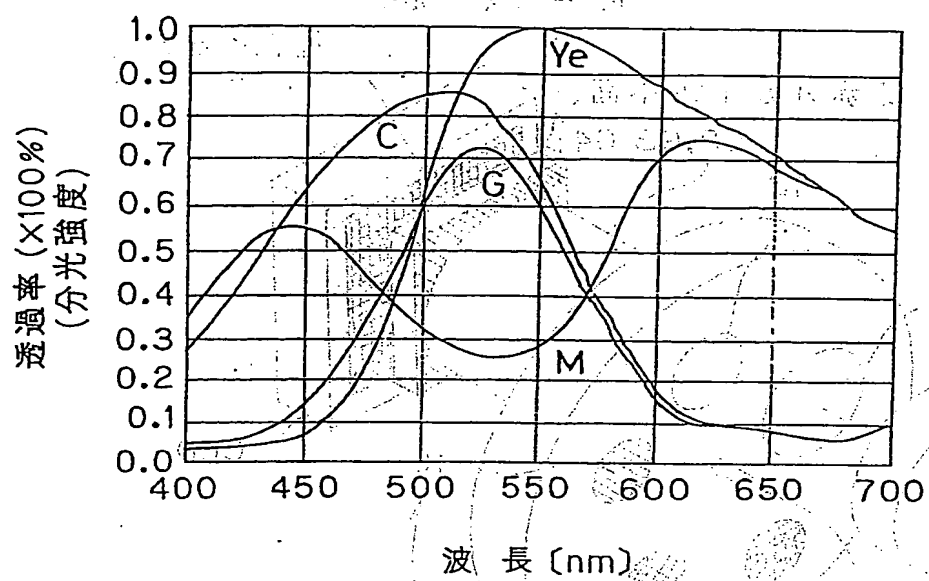


第 4 4 図

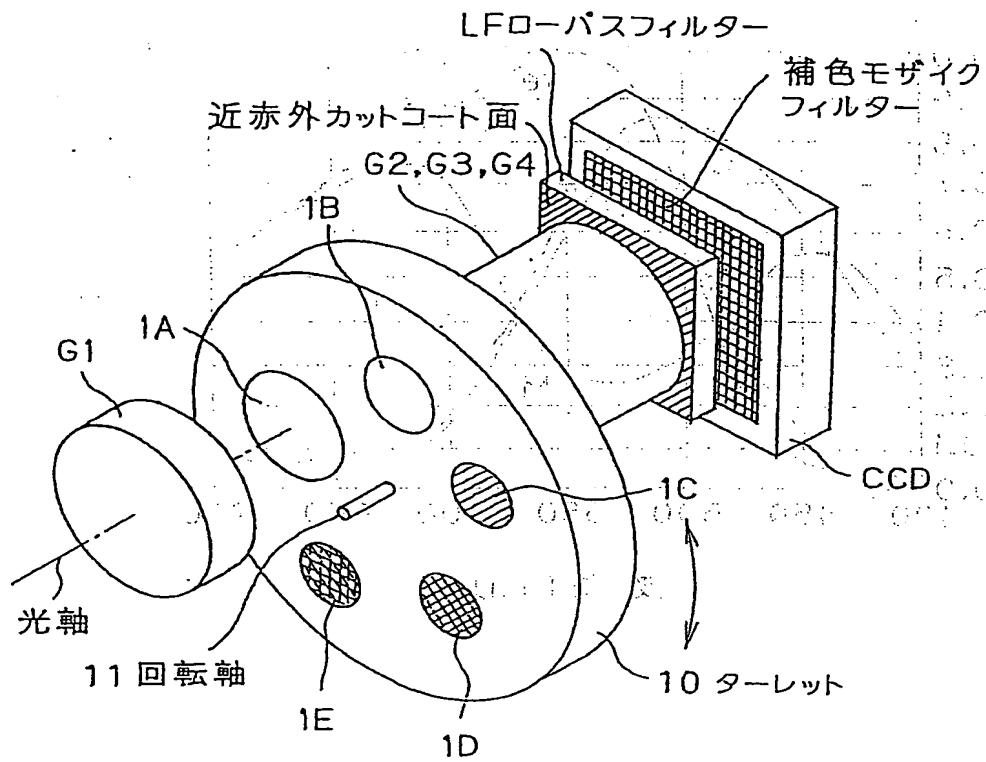


C:シアン M:マゼンタ
Ye:イエロー G:緑

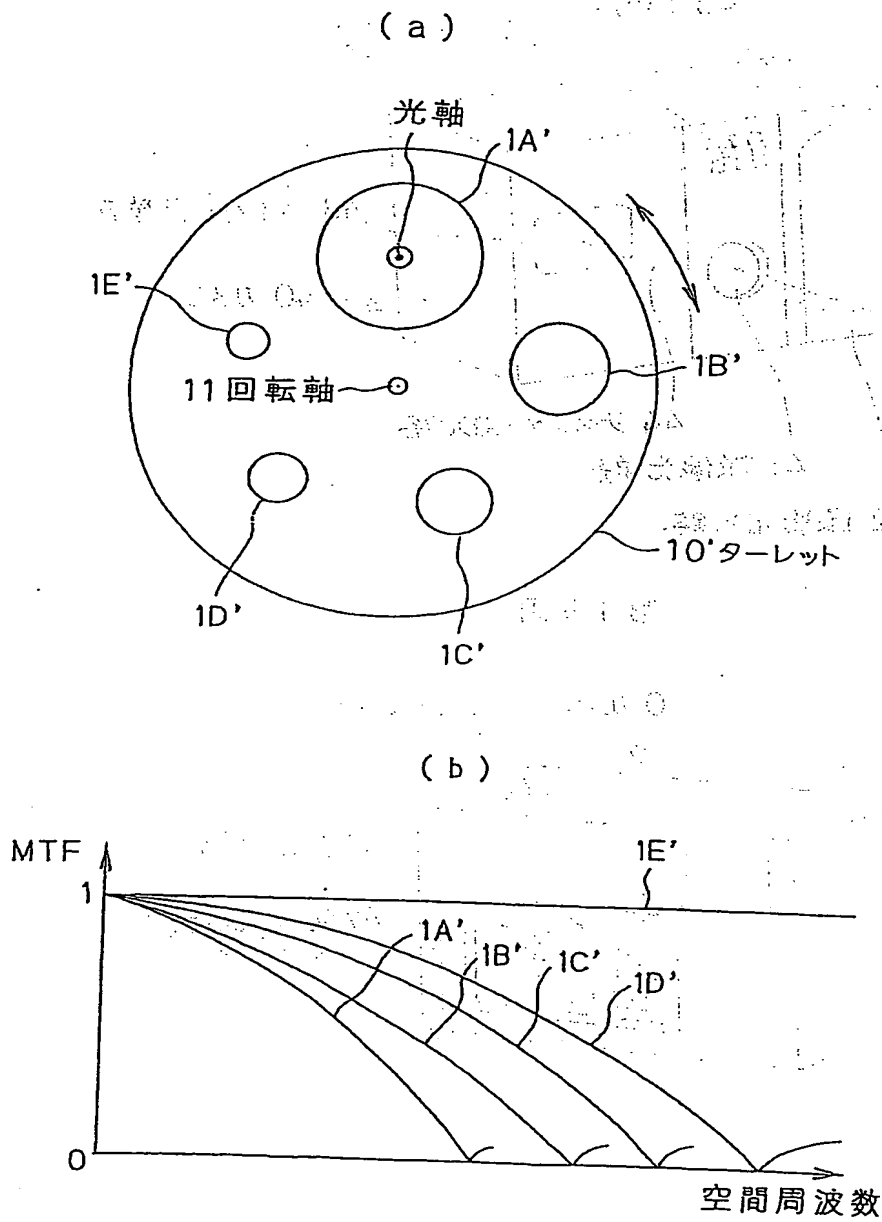
第 4 5 図



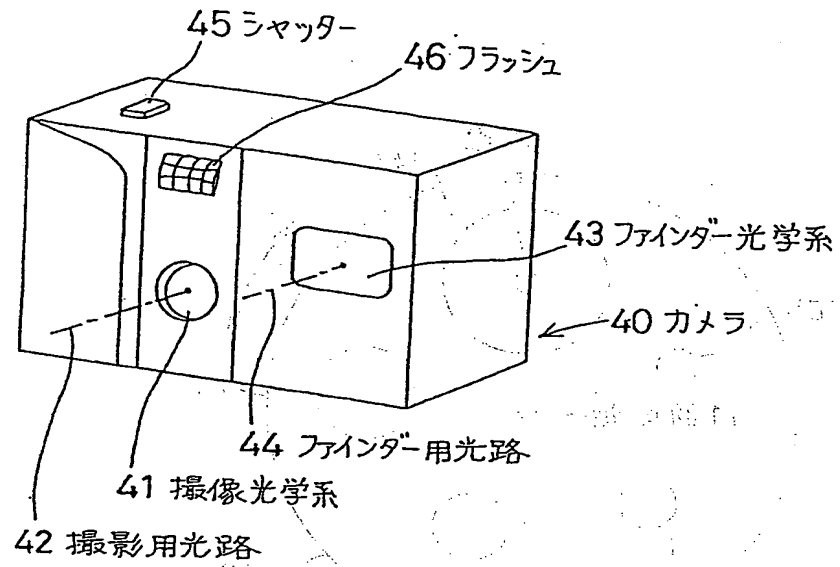
第 4 6 図



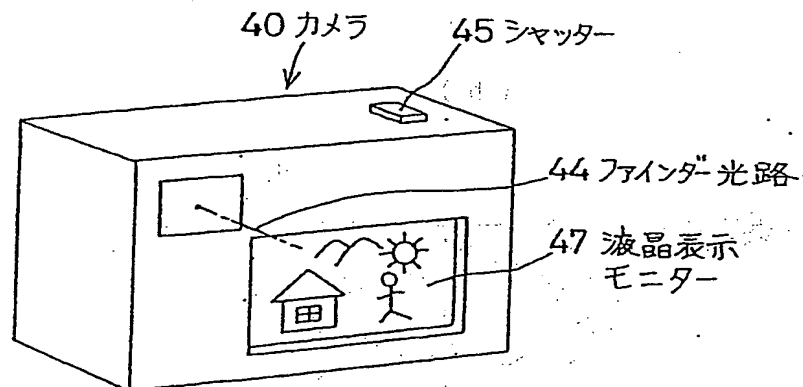
第 47 図



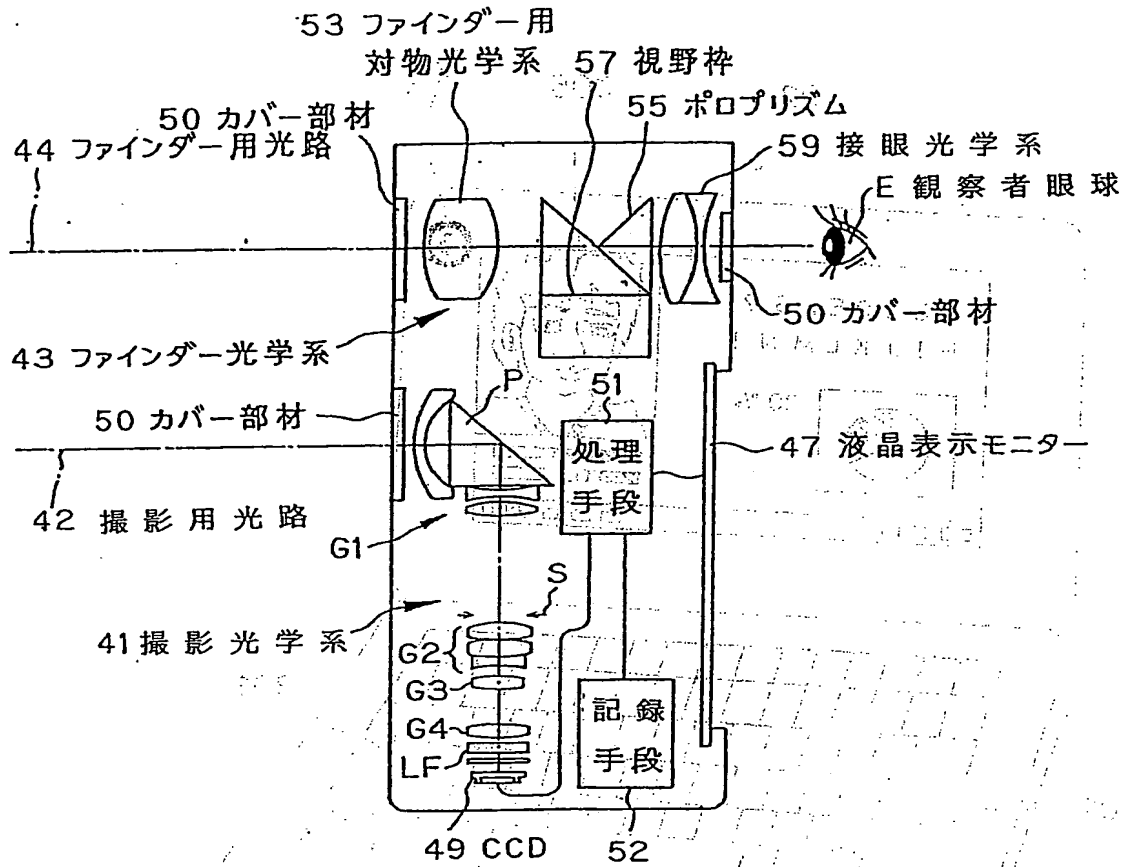
第 4 8 図



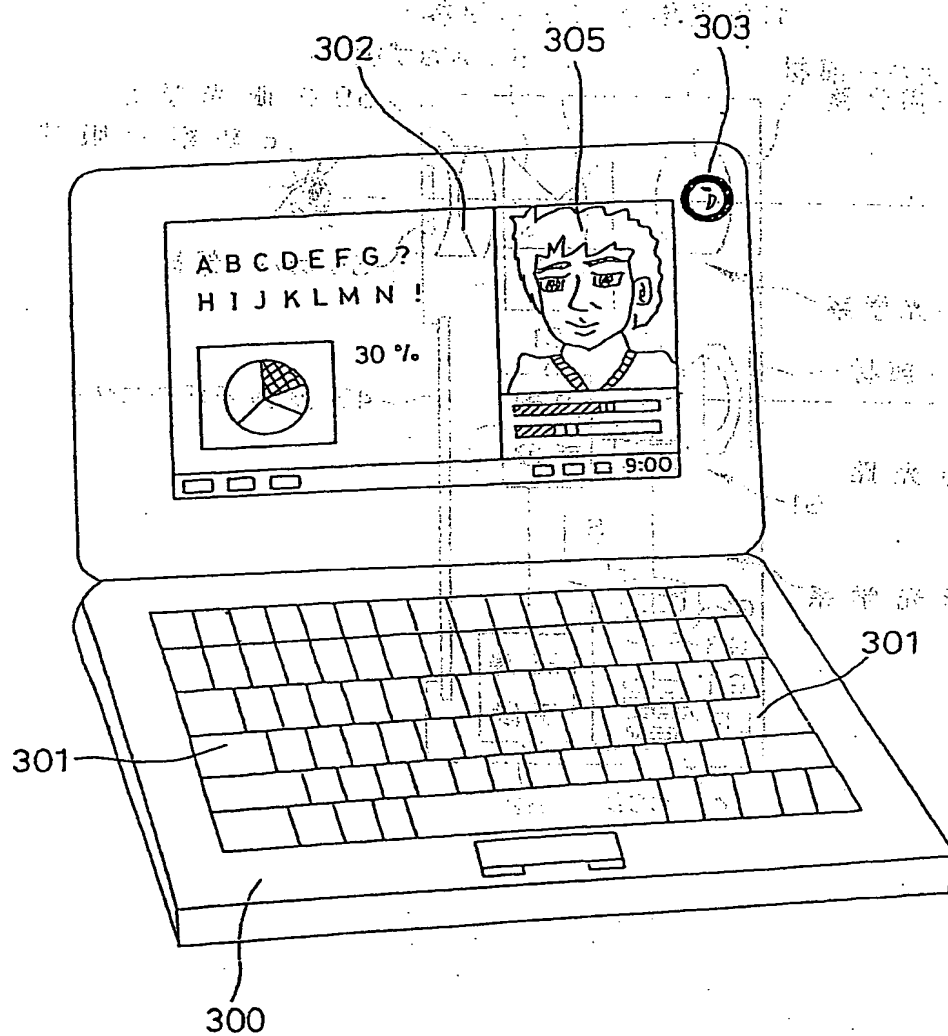
第 4 9 図



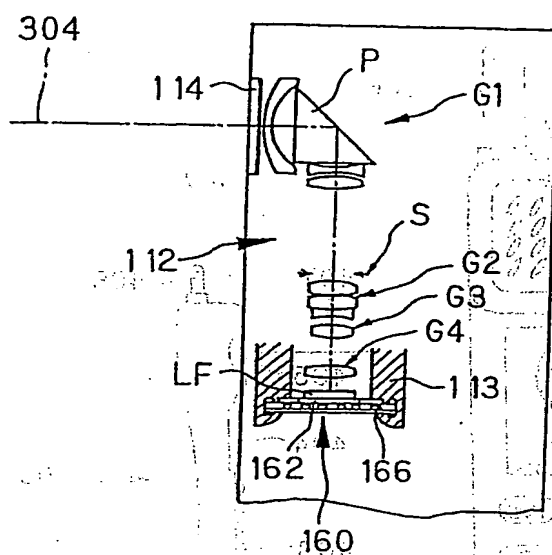
第 5 0 図



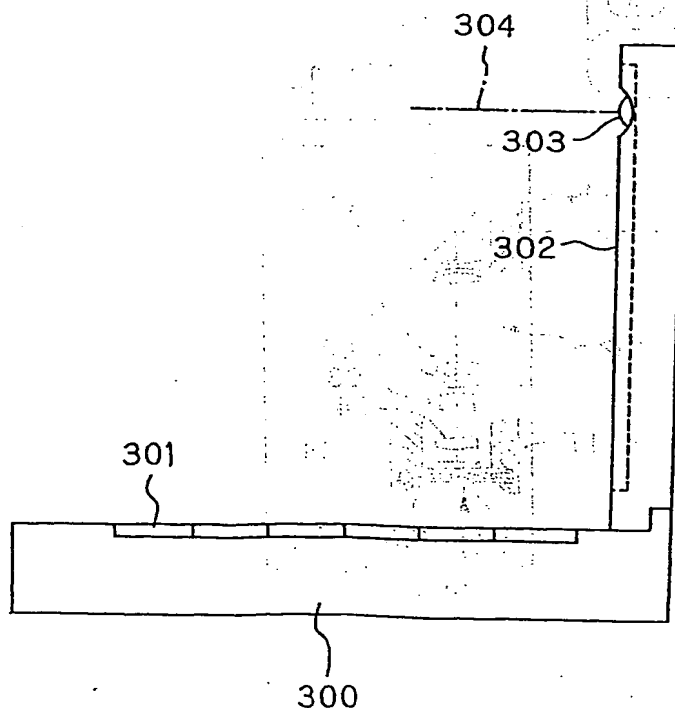
第 5 1 図



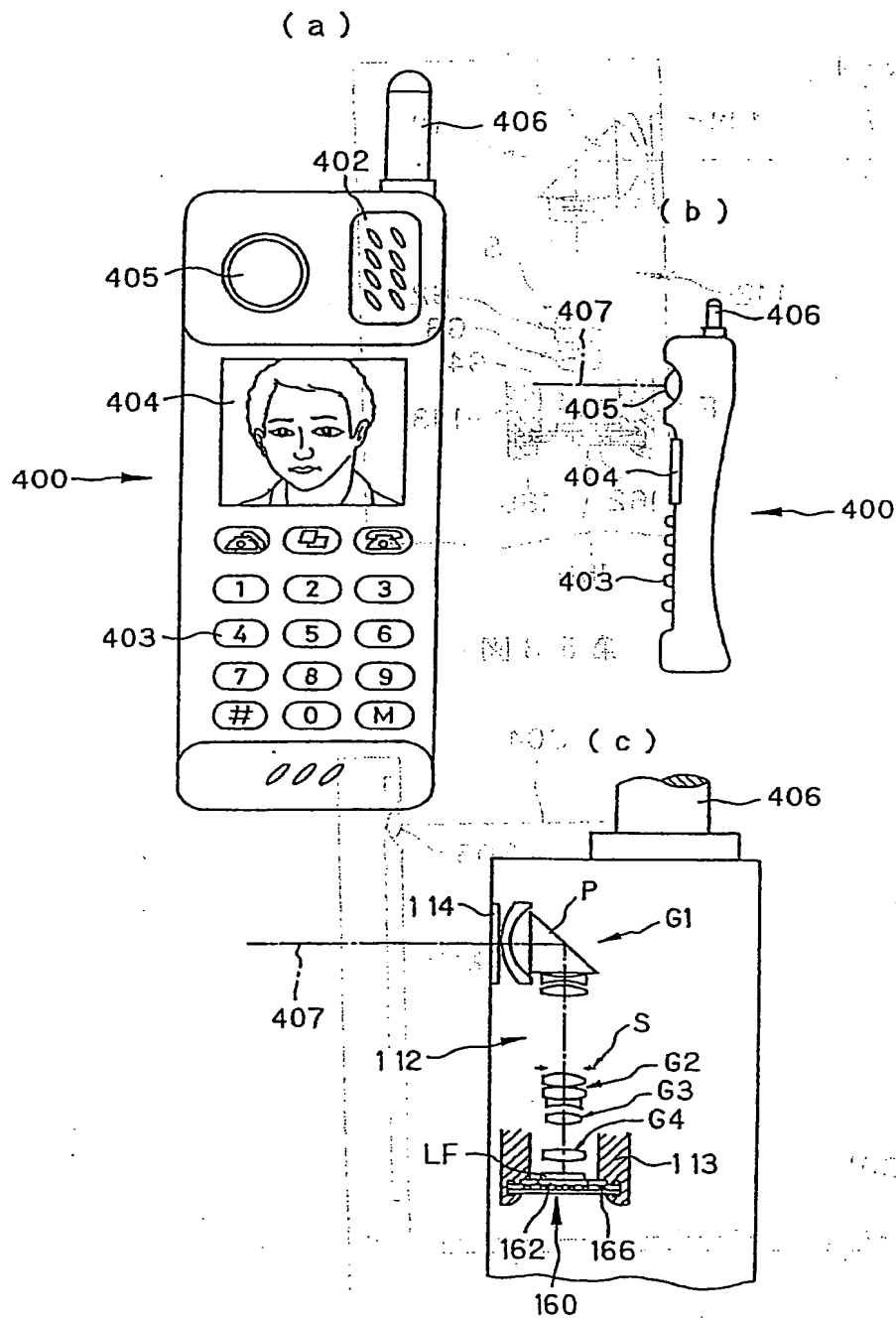
第 5 2 図



第 5 3 図



第 5 4 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B15/167, G02B15/20, G02B13/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B15/167, G02B15/20, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-14282 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 18 January, 2002 (18.01.02), Full text; all drawings	3-5, 10-11, 13, 28, 31, 33, 36, 39-42, 97
Y	(Family: none)	1-2, 19-27, 29-30, 32, 34-35, 37-38, 89-91, 96
X	JP 2002-14285 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 18 January, 2002 (18.01.02), Full text; all drawings	3-5, 10-11, 13, 28, 31, 33, 36, 39-42, 97
Y	(Family: none)	1-2, 19-27, 29-30, 32, 34-35, 37-38, 89-91, 96

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
01 July, 2003 (01.07.03)

Date of mailing of the international search report
15 July, 2003 (15.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

C (Continuation): DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-100100 A (COSINA CO., LTD.), 13 April, 2001 (13.04.01), Full text; all drawings (Family: none)	3-5, 11, 15, 28, 39-41, 97 1-2, 10, 13, 19-27, 29-30, 32-38, 42, 89-91, 96
X Y	JP 2001-318313 A (CANON KABUSHIKI KAISHA), 16 November, 2001 (16.11.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-2, 5, 11, 13, 15, 17, 28, 31, 33, 36, 39-42, 96 3-4, 10, 19-27, 29-30, 32, 34-35, 37-38, 89-91, 97
X Y	JP 2001-337275 A (CANON KABUSHIKI KAISHA), 07 December, 2001 (07.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-2, 5, 10-11, 15, 17, 28, 31, 36-41, 96 3-4, 13, 19-27, 29-30, 32-38, 42, 89-91, 97
X Y	US 6349002 B1 (NIKON CORP.), 19 February, 2002 (19.02.02), Full text; all drawings & JP 2001-13408 A Full text; all drawings	1-5, 10-11, 13, 28, 31, 33, 36, 39-42, 96-97 19-27, 29-30, 32, 34-35, 37-38, 89-91
X Y	EP 969308 A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 05 January, 2000 (05.01.00), Full text; all drawings & JP 2000-19663 A Full text; all drawings & JP 2001-8234 A & US 6414791 B1	6-10, 12, 14, 16, 18-19, 28, 30-31, 33 20-27, 29, 32, 34-35
X Y A	JP 8-248318 A (SONY CORP.), 27 September, 1996 (27.09.96), Full text; all drawings (Family: none)	43, 45, 47, 54-64, 66-79 19-20, 24-26, 29-31, 34-35, 37-38, 44, 46, 48-53, 65, 80-90 91-95

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 773460 A2 (SONY CORP.), 14 May, 1997 (14.05.97),	43, 45, 47, 54-64, 66-79
Y	Full text; all drawings & JP 9-133858 A Full text; all drawings & JP 9-138347 A & US 6104432 A & KR 97028634 A	19-20, 24-26, 29-31, 34-35, 37-38, 44, 46, 48-53, 65, 80-90 91-95
A		
X	JP 2000-131610 A (SONY CORP.), 12 May, 2000 (12.05.00),	43, 45, 47, 54-79
Y	Full text; all drawings (Family: none)	19-20, 24-26, 29-31, 34-35, 37-38, 44, 46, 48-53, 80-90 91-95
A		
Y	JP 7-5360 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 10 January, 1995 (10.01.95), Full text; all drawings (Family: none)	19-24, 27, 44, 46, 84-90
X	JP 2001-21986 A (CANON KABUSHIKI KAISHA), 26 January, 2001 (26.01.01), Full text; all drawings (Family: none)	53, 83
X	JP 3-203709 A (Minolta Camera Co., Ltd.), 05 September, 1991 (05.09.91), Full text; all drawings (Family: none)	8-14, 99 6-7, 98
Y	GB 1366326 A (EASTMAN KODAK CO.), 11 September, 1974 (11.09.74), Full text; all drawings & Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 90994/1981 (Laid-open No. 187/1972)	53
Y	US 2002/0008920 A1 (Shin'ichi MIHARA), 24 January, 2002 (24.01.02), Full text; all drawings & JP 2002-48975 A Full text; all drawings & US 6417973 B2	72-79
Y	US 2002/0027721 A1 (Shin'ichi MIHARA), 07 March, 2002 (07.03.02), Full text; all drawings & JP 2002-90624 A Full text; all drawings	72-79

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-305312 A (Ricoh Co., Ltd.), 05 November, 1999 (05.11.99), Full text; all drawings (Family: none)	47-52
Y	JP 2000-267010 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 29 September, 2000 (29.09.00), Full text; all drawings (Family: none)	51

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheets)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet (1)

1. The invention in claim 1 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B, having a negative refractive power and being fixed at power varying, characterized in that the moving lens group B comprises three lenses, a positive lens, a positive lens and a negative lens sequentially from the object side.

2. The invention in claim 3 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B, having a negative refractive power and being fixed at power varying, characterized in that the moving lens group B comprises three lenses, a positive lens, a negative lens and a positive lens sequentially from the object side.

3. The invention in claim 6 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B, having a negative refractive power and being fixed at power varying, and a third lens group C disposed on the image side of the moving lens group B via a variable air gap, characterized in that the moving lens group B comprises two lenses, a positive lens and a negative lens, and the third lens group C comprises three lenses, a positive lens, a positive lens and a negative lens sequentially from an object side.

4. The invention in claim 8 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B, having a negative refractive power and being fixed at power varying, and a third lens group C disposed on the image side of the moving lens group B via a variable air gap, characterized in that the moving lens group B comprises two lenses, a positive lens and a negative lens, and the third lens group C comprises three lenses, a positive lens, a negative lens and a positive lens sequentially from an object side.

5. The invention in claim 43 relates to an electronic imaging apparatus characterized by comprising an optical path bending zoom optical system containing at least one group moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end and also containing at least one reflection optical element positioned closer to an object side than the lens closest to the object side among all the groups movable at power varying, for bending an optical path, and an electronic imaging element disposed on the image side thereof.

6. The invention in claim 45 relates to an electronic imaging apparatus characterized by comprising an optical path bending zoom optical system comprising, sequentially from an object side, a 1.1st group consisting of a negative lens group and a reflection optical element for bending an optical path, a 1.2nd group including one positive lens, and a second group having a positive refractive power, the second group moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and an electronic imaging element disposed on the image side thereof.

(continued to extra sheet)

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

7. The invention in claim 46 relates to an electronic imaging apparatus characterized by comprising an optical path bending zoom optical system comprising, sequentially from an object side, a 1.1st group including a prism as a reflection optical element having a concave at at least one of an entry surface and an exit surface thereof and being used to bend an optical path, a 1.2nd group including one positive lens, and a second group having a positive refractive power, the second group moving monotonously toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and an electronic imaging element disposed on the image side thereof.

8. The invention in claim 49 relates to an electronic imaging apparatus characterized by comprising an optical path bending zoom optical system comprising, sequentially from an object side, a negative first lens group, a reflection optical element for bending a optical path, and a positive second lens group, for retracting the reflection optical element when collapsed and housing the above first lens group in the space left after retracting, and an electronic imaging element disposed on the image side thereof.

9. The invention in claim 53 relates to an electronic imaging apparatus characterized by being provided, between an imaging optical system including a reflection optical element and a electronic imaging element, with a second reflection surface for dividing an optical path even on a side almost vertical to a plane including an optical axis before and after reflection at the above reflection optical element, with a third reflection surface having a normal almost at right angles to the normal of the second reflection surface along its reflection side and having an entry plane almost identical to the entry plane including the optical axis of the second reflection surface, and with a fourth reflection surface for allowing an optical path after reflection to be output almost in parallel to the optical axis on the entry side of the above imaging optical system.

10. The invention in claim 84 relates to an electronic imaging apparatus characterized by comprising an optical path bending zoom optical system containing at least one group moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end and also containing at least one reflection optical element positioned closer to an object side than the lens closest to the object side among all the groups movable at power varying, for bending an optical path where at least one of an entry surface and an exist surface has a curvature, and an electronic imaging element disposed on the image side thereof.

11. The invention in claim 91 relates to a zoom lens which comprises, sequentially from an object side, a first lens group having a negative refractive power, including a reflection optical element for bending an optical path, and being fixed at power varying, a second lens group having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, a third lens group moving differently than the second lens group at the above power varying, and a fourth lens group having an aspherical surface, characterized in that two lens groups, the second and the third lens groups, are composed of up to a total of three lens components including at least a total of one joint lens component, and satisfy the following conditional expression (41)

(continued to extra sheet)

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

$$1.0 < -\beta_{Rt} < 2.6 \dots (41);$$

where β_{Rt} is a synthetic magnification at a telescopic end at infinity object point focusing for the second lens group and subsequent ones.

The invention in claim 92 relates to a zoom lens which comprises, sequentially from an object side, a first lens group having a negative refractive power, including a reflection optical element for bending an optical path, and being fixed at power varying, a second lens group having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, a third lens group moving differently than the second lens group at the above power varying, and a fourth lens group having an aspherical surface, characterized in that the above first lens group is composed of, sequentially from an object side, a front-side sub-group having a negative lens with its convex facing the object side, a reflection optical element for bending the above optical path, and a rear-side sub-group having a negative refractive power, and satisfies the following conditional expressions (47), (48)

$$0.5 < (R11F+R11R) / (R11F-R11R) < 5.0 \dots (47)$$

$$0 < f11/f12 < 1.2 \dots (48),$$

where $R11F$ is a radius of curvature on an optical axis on the surface on the object side of the negative lens in the front-side sub-group in the first lens group, $R11R$ a radius of curvature on an optical axis on the surface on the image side of the negative lens in the front-side sub-group in the first lens group, $f11$ the focal length of the front-side sub-group in the first lens group, and $f12$ the focal length of the rear-side sub-group in the first lens group.

12. The invention in claim 96 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B and being fixed at power varying, characterized in that the moving lens group B comprises three lenses, a positive lens, a positive lens and a negative lens sequentially from the object side.

13. The invention in claim 97 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, and a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B and being fixed at power varying, characterized in that the moving lens group B comprises three lenses, a positive lens, a negative lens and a positive lens sequentially from the object side.

14. The invention in claim 98 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B and being fixed at power varying, and a third lens group C disposed on the image side of the moving lens group B via a variable air gap, characterized in that the moving lens group B comprises two lenses, a positive lens and a negative lens, and the third lens group C comprises three lenses, a positive lens, a positive lens and a negative lens sequentially from an object side.

(continued to extra sheet)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03864

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

15. The invention in claim 99 relates to a zoom lens which comprises a moving lens group B having a positive refractive power and moving only toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end, a fixed lens group A disposed closer to the object side than the moving lens group B and being fixed at power varying, and a third lens group C disposed on the image side of the moving lens group B via a variable air gap, characterized in that the moving lens group B comprises two lenses, a positive lens and a negative lens, and the third lens group C comprises three lenses, a positive lens, a negative lens and a positive lens sequentially from an object side.

Nevertheless, a zoom lens system itself including a negative first lens group and a positive second lens group, the second lens group being moved to an object side and the first lens group being fixed at power varying from a wide angle end to a telescopic end, provides a publicly known technology as disclosed in, for example, JP 2002-14282 A (Asahi Optical Co., Ltd.) 2002.01.18, JP 11-95102 A (Sony Corp.) 1999.04.09, JP 2000-19663 A (Cannon Inc.) 2000.01.21; technical descriptions involving a zoom lens system including a negative first lens group, a positive second lens group and a third lens group, the second lens group being moved toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end and being composed of two lens, a positive lens and a negative lens, are publicly known as disclosed in, for example, JP 2002-72095 A (Minolta Co., Ltd.) 2002.03.12, JP 8-304704 A (Nikon Corp.) 1996.11.22.; and technologies involving an imaging optical system provided with a zoom lens system so constructed as to include at least one lens group moving toward an object side at power varying from a wide angle end to a telescopic end and to include a reflection optical element positioned on the object side of a lens group moving toward the object side and bending an optical path, and with an imaging element on an image forming surface, wherein a lens group moving toward the object side consists of a lens group having a positive refractive power, and a lens group including at least a positive lens is disposed between the reflection optical element and a lens group moving toward the object side, are publicly known as disclosed in, for example, JP 2000-19663 A (Cannon Inc.) 2000.01.21; therefore there exists no matter common between respective groups 1-15 of inventions that is considered to be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, and groups 1-15 do not constitute a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

Accordingly, the above inventions or groups of inventions are not related to fulfill the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B 15/167, G02B 15/20, G02B 13/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B 15/167, G02B 15/20, G02B 13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-14282 A (旭光学工業株式会社) 2002.01.18、全文、全図 (ファミリーなし)	3-5, 10-11, 13, 28, 31, 33, 36, 39-42, 97
Y		1-2, 19-27, 29-30, 32, 34- 35, 37-38, 89- 91, 96

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.07.03

国際調査報告の発送日

15.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2002-14285 A (旭光学工業株式会社) 2002. 01. 18、全文、全図 (ファミリーなし)	3-5, 10-11, 13, 28, 31, 33, 36, 39-42, 97 1-2, 19-27, 29-30, 32, 34- 35, 37-38, 89- 91, 96
X Y	JP 2001-100100 A (株式会社コシナ) 2001. 04. 13、全文、全図 (ファミリーなし)	3-5, 11, 15, 28, 39-41, 97 1-2, 10, 13, 19-27, 29-30, 32-38, 42, 89- 91, 96
X Y	JP 2001-318313 A (キヤノン株式会社) 2001. 11. 16、全文、全図 (ファミリーなし)	1-2, 5, 11, 13, 15, 17, 28, 31, 33, 36, 39- 42, 96 3-4, 10, 19- 27, 29-30, 32, 34-35, 37-38, 89-91, 97
X Y	JP 2001-337275 A (キヤノン株式会社) 2001. 12. 07、全文、全図 (ファミリーなし)	1-2, 5, 10- 11, 15, 17, 28, 31, 36-41, 96 3-4, 13, 19- 27, 29-30, 32- 38, 42, 89-91, 97
X Y	US 6349002 B1 (NIKON CORPORATION) 2002. 02. 19、全文、全図 & JP 2001-13408 A、全文、全図	1-5, 10-11, 13, 28, 31, 33, 36, 39-42, 96- 97 19-27, 29- 30, 32, 34-35, 37-38, 89-91
X Y	EP 969308 A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 2000. 01. 05、全文、全図 & JP 2000-19663 A、全文、全図 & JP 2001-8234 A & US 6414791 B1	6-10, 12, 14, 16, 18-19, 28, 30-31, 33 20-27, 29, 32, 34-35

C (続き) 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 8-248318 A (ソニー株式会社) 1996. 09. 27、全文、全図 (ファミリーなし)	43, 45, 47, 54 -64, 66-79 19-20, 24- 26, 29-31, 34- 35, 37-38, 44, 46, 48-53, 65, 80-90 91-95
X Y A	EP 773460 A2 (SONY CORPORATION) 1997. 05. 14、全文、全図 & JP 9-133858 A、全文、全図 & JP 9-138347 A & US 6104432 A & KR 97028634 A	43, 45, 47, 54 -64, 66-79 19-20, 24- 26, 29-31, 34- 35, 37-38, 44, 46, 48-53, 65, 80-90 91-95
X Y A	JP 2000-131610 A (ソニー株式会社) 2000. 05. 12、全文、全図 (ファミリーなし)	43, 45, 47, 54 -79 19-20, 24- 26, 29-31, 34- 35, 37-38, 44, 46, 48-53, 80- 90 91-95
Y	JP 7-5360 A (オリンパス光学工業株式会社) 1995. 01. 10、全文、 全図、(ファミリーなし)	19-24, 27, 44, 46, 84-90
X	JP 2001-21986 A (キヤノン株式会社) 2001. 01. 26、全文、全図 (ファミリーなし)	53, 83
X Y	JP 3-203709 A (ミノルタカメラ株式会社) 1991. 09. 05、全文、全 図、(ファミリーなし)	8-14, 99 6-7, 98
Y	GB 1366326 A (EASTMAN KODAK COMPANY) 1974. 09. 11、全文、全図 & 日本国実用新案登録出願56-90994号(日本国実用新案登 録出願公開47-187号)の願書に添付した明細書及び図面の内 容を撮影したマイクロフィルム	53
Y	US 2002/0008920 A1 (Shinichi Mihara) 2002. 01. 24、全文、全図 & JP 2002-48975 A、全文、全図 & US 6417973 B2	72-79

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 2002/0027721 A1 (Shinichi Mihara) 2002.03.07、全文、全図 & JP 2002-90624 A、全文、全図	72-79
Y	JP 11-305312 A (株式会社リコー) 1999.11.05、全文、全図 (ファミリーなし)	47-52
Y	JP 2000-267010 A (オリンパス光学工業株式会社) 2000.09.29、全 文、全図、(ファミリーなし)	51

第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4 (a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページ第 I I 欄の続きを参照

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

第 I I 欄の続き

1. 請求の範囲 1 の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群 B と、前記移動レンズ群 B よりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群 A とを有し、前記移動レンズ群 B は、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの 3 枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。
2. 請求の範囲 3 の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群 B と、前記移動レンズ群 B よりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群 A とを有し、前記移動レンズ群 B は、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの 3 枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。
3. 請求の範囲 6 の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群 B と、前記移動レンズ群 B よりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群 A とを有し、前記移動レンズ群 B の像側に可変空気間隔を介して配される第 3 のレンズ群 C を有し、前記移動レンズ群 B は、正レンズと負レンズの 2 枚のレンズにて構成され、前記第 3 のレンズ群 C は、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの 3 枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。
4. 請求の範囲 8 の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群 B と、前記移動レンズ群 B よりも物体側に配され、負の屈折力を有し、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群 A とを有し、前記移動レンズ群 B の像側に可変空気間隔を介して配される第 3 のレンズ群 C を有し、前記移動レンズ群 B は、正レンズと負レンズの 2 枚のレンズにて構成され、前記第 3 のレンズ群 C は、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの 3 枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。
5. 請求の範囲 4 3 の発明は、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも 1 つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも 1 つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置の発明である。
6. 請求の範囲 4 5 の発明は、物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第 1・1 群、正レンズを 1 枚含む第 1・2 群、正の屈折力を有する第 2 群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第 2 群が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置の発明である。
7. 請求の範囲 4 6 の発明は、物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第 1・1 群、正レンズを 1 枚含む第 1・2 群、正の屈折力を有する第 2 群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第 2 群が物体側へ単調に移動するような光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置の発明である。
8. 請求の範囲 4 9 の発明は、物体側より順に、負の第 1 レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第 2 レンズ群を有し、沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記第 1 レンズ群を収納する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置の発明である。
9. 請求の範囲 5 3 の発明は、反射光学素子を含む撮影光学系と電子撮像素子との間に、

前記反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側にも光路を分割する第2の反射面を設け、その反射側に沿って前記第2の反射面の法線に対し略直角である法線を有し、かつ、前記第2の反射面の光軸を含む入射平面と略同一の入射平面を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路が前記撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたことを特徴とする電子撮像装置の発明である。

10. 請求の範囲84の発明は、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置の発明である。

11. 請求の範囲91の発明は、物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、前記変倍の際に前記第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、非球面を有する第4レンズ群とを有し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との2つのレンズ群が、合わせて1つ以上の接合レンズ成分を含む合計3つ以下のレンズ成分で構成され、

次の条件式(41)を満足することを特徴とするズームレンズの発明である。

$$1. \quad 0 < -\beta R_t < 2.6 \quad \dots (41)$$

ただし、 βR_t は第2レンズ群以降の無限遠物点合焦時の望遠端における合成倍率である。

請求の範囲92の発明は、物体側から順に、負の屈折力を有し、光路を折り曲げるための反射光学素子を含む変倍時固定の第1レンズ群と、正の屈折力を有し、広角端から望遠端へ変倍する際に物体側にのみ移動する第2レンズ群と、前記変倍の際に前記第2レンズ群とは異なる動きをする第3レンズ群と、非球面を有する第4レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズを有する前側副群と、前記光路を折り曲げるための反射光学素子と、負の屈折力を有する後側副群とで構成され、

次の条件式(47)、(48)を満足することを特徴とするズームレンズの発明である。

$$0.5 < (R_{11F} + R_{11R}) / (R_{11F} - R_{11R}) < 5.0 \quad \dots (47)$$

$$0 < f_{11} / f_{12} < 1.2 \quad \dots (48)$$

ただし、 R_{11F} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{11R} は第1レンズ群の前側副群の負レンズの像側の面の光軸上での曲率半径、 f_{11} は第1レンズ群の前側副群の焦点距離、 f_{12} は第1レンズ群の後側副群の焦点距離である。

12. 請求の範囲96の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと正レンズと負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。

13. 請求の範囲97の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bは、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。

14. 請求の範囲98の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負

レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。

15. 請求の範囲99の発明は、正の屈折力を有し、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する移動レンズ群Bと、前記移動レンズ群Bよりも物体側に配され、前記変倍時に固定である変倍時固定レンズ群Aとを有し、前記移動レンズ群Bの像側に可変空気間隔を介して配される第3のレンズ群Cを有し、前記移動レンズ群Bは、正レンズと負レンズの2枚のレンズにて構成され、前記第3のレンズ群Cは、物体側から順に、正レンズ、負レンズ、正レンズの3枚のレンズにて構成されていることを特徴とするズームレンズの発明である。

しかしながら、負の第1レンズ群、正の第2レンズ群を含むズームレンズ系において、広角端から望遠端への変倍に際して、前記第2レンズ群を物体側へ移動し、前記第1レンズ群を固定するようにしたズームレンズ系自体は、例えば、JP 2002-14282 A (旭光学工業株式会社) 2002.01.18、JP 11-95102 A (ソニー株式会社) 1999.04.09、JP 2000-19663 A (キヤノン株式会社) 2000.01.21、等にも記載されているように従来から知られている技術であり、また、負の第1レンズ群、正の第2レンズ群、第3レンズ群を含むズームレンズ系において、広角端から望遠端への変倍に際して前記第2レンズ群を物体側へ移動し、前記第2レンズ群を正レンズと負レンズの2枚にて構成されている技術内容は、例えば、JP 2002-72095 A (ミノルタ株式会社) 2002.03.12、JP 8-304704 A (株式会社ニコン) 1996.11.22、等にも記載されているように従来から知られている技術であり、また、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動するレンズ群を少なくとも一つ含み、前記物体側に移動するレンズ群の物体側に、光路を折り曲げる反射光学素子を含むように構成されたズームレンズ系を備え、結像面に撮像素子を備える撮像光学系において、前記物体側へ移動するレンズ群が正の屈折力を有するレンズ群で構成されている技術、前記反射光学素子と前記物体側へ移動するレンズ群との間に少なくとも正レンズを含むレンズ群を配する技術自体は、例えば、JP 2000-19663 A (キヤノン株式会社) 2000.01.21 に記載されているように従来から知られている技術であるので、上記発明の群1.乃至15.のそれぞれの間において、PCT規則13.2、第2文の意味において特別の技術的特徴と考えられる共通事項は存在してなく、前記発明の群1.乃至15同士は、単一の一般的発明概念を形成する連関している一群の発明であるとはいえない。

したがって、前記発明または発明の群同士は、単一性を満足する関係であるとはいえない。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.